بسم الله الرحمن الرحيم

وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون وستردون الى عالم الغيب والشهادة فينبئكم بما كنتم تعملون

صدق الله العظيم

الفصل الأول: المتسعات

الموصل الكروي المعزول المنفرد

إن الموصل الكروي المعزول المنفرد يمكنه تخزين كميه محددة من الشحنات الكهربائية حيث أن الاستمرار في إضافة الشحنات الكهربائية له يؤدي إلى زيادة الجهد الكهربائي له والذي بدوره يؤدي إلى زيادة مقدار المجال الكهربائي إلى الحد الذي يحصل عنده التفريغ الكهربائي. (لذلك لا يستخدم هذا الموصل في خزن الشحنات الكهربائية. علل).

ويمكن حساب جهد الموصل من القانون الآتي:

$$V = k\frac{Q}{r}\ , \qquad k = \frac{1}{4\pi\epsilon^{\circ}} = 9\text{x}10^{9}\ N.m^{2}/C^{2}$$

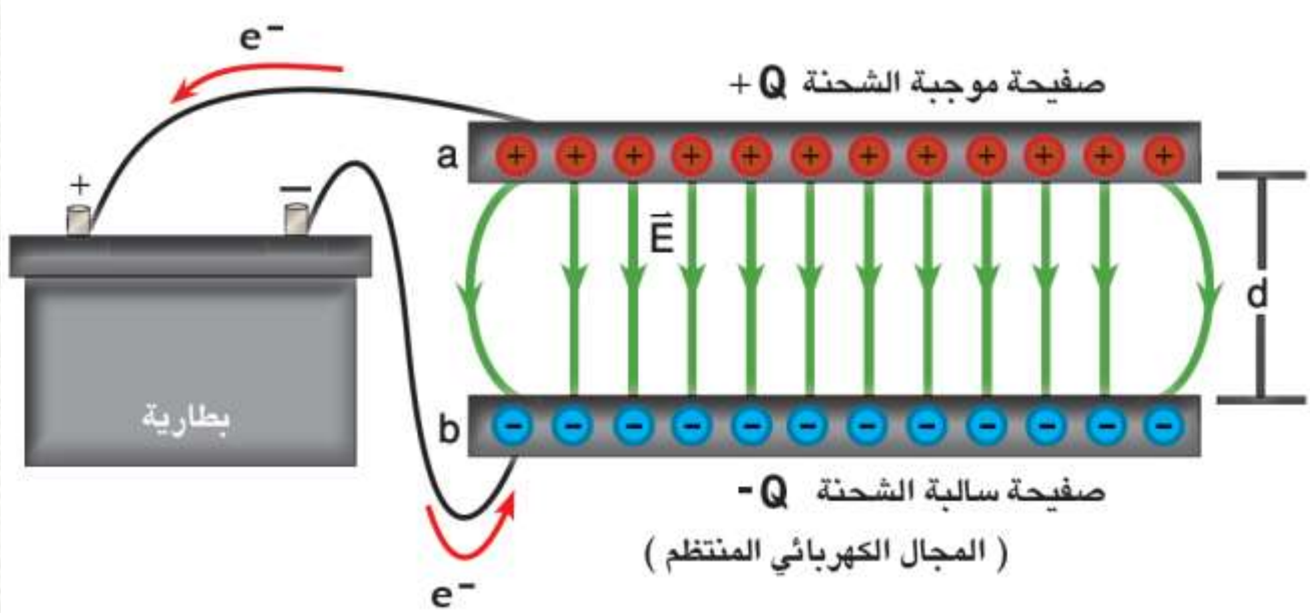
المتسعة

هي عبارة عن نظام يتألف من موصلين بأي شكل كانا معزولين عن بعضهما كهربائيا أما أن يكون العازل بينهما هواء أو مادة عازله حيث تخزن المتسعة في احد الموصلين شحنات موجبه و في الآخر تخزن شحنات سالبة و صنعت لتخزين مقادير كبيره من الشحنات الكهربائية و تخزن فيها الطاقة لا يستطع الموصل الكروي خزنها. وتصنع بأشكال مختلفة وأحجام مختلفة أيضا وفقا لتطبيقاتها العملية.

المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين

لشحن المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين والمعزولتين عن بعضهما كهربائيا بواسطة مادة عازله كهربائيا أو الفراغ نربط أحداهما بالقطب الموجب للبطارية فتشحن بشحنات موجبه عالية الجهد ونربط الثانية بالقطب السالب للبطارية تشحن بشحنات سالبه واطئة الجهد حيث ان:

1. يتولد فرق جهد كهربائي بين الصفيحتين بسبب الجهد العالي للصفيحة الأولى الموجبة الشحنة والجهد الواطئ للصفيحة الثانية السالبة الشحنة.
2. تكون الشحنات الكهربائية في الصفيحتين متساوية في المقدار ومختلفة في النوع لذلك يكون صافي الشحنات للصفيحتين يساوي صفر.
3. تكون جميع النقاط في الصفيحة الواحدة بجهد متساوي(لأنها مصنوعة من مادة موصلة و معزولة حيث تحمل شحنات من نفس النوع فيكون الجهد في أي نقطة على الصفيحة الواحدة متساوي و هذا يعني إن فرق الجهد بين أي نقطتين في الصفيحة الواحدة يساوي صفر).
4. تتجمع الشحنات على السطحين المتقابلين للصفيحتين بسبب قوى التجاذب بين تلك الشحنات (الشحنات المختلفة تتجاذب والشحنات المتشابهة تتنافر).
5. يتولد مجال كهربائي بين الصفيحتين تظهر خطوطه من الشحنة الموجبة متجهة نحو الشحنة السالبة حيث يكون المجال منتظما إذا كان البعد (d) بين الصفيحتين صغير جدا بالمقارنة مع ابعاد الصفيحة الواحدة لذا يهمل عدم انتظام خطوط المجال عند الحافات.
6. إن زيادة عدد الشحنات في المتسعة تؤدي إلى زيادة فرق الجهد الكهربائي ($Q\alpha\Delta V$ *تناسب طردي*) بنسبة ثابتة أو مقدار ثابت يسمى سعة المتسعة ويرمز لها C كما في العلاقة الآتية:
7. $$C = \frac{Q}{\Delta V}\ , \qquad \text{(farad=coulomb/volt)}$$



ملاحظة مهمة: إن سعة المتسعة هي مقياس للشحنة الكهربائية اللازم وضعها على أي من الصفيحتين لتوليد فرق جهد كهربائي حيث إن المتسعة ذات السعة الأكبر تستوعب شحنات بمقدار أكبر، وهذا يعني إن مقدار سعة المتسعة لا يعتمد على الشحنة ولا فرق الجهد الكهربائي لذلك فان:

1- كلما زادت سعة المتسعة تزداد كمية الشحنة لان التناسب طردي بينهما. والعكس ليس صحيح لان زيادة الشحنة لا يؤدي إلى زيادة سعة المتسعة.

2- إن سعة المتسعة تتغير فقط (تزداد او تقل) بتغير العوامل المؤثرة عليها وهي المساحة السطحية المتقابلة للصفيحتين(*A*) حيث تتناسب طرديا مع سعة المتسعة والبعد بين الصفيحتين (*d*) حيث يتناسب عكسيا مع سعة المتسعة ونوع الوسط العازل بين الصفيحتين حيث يكون التناسب طرديا حيث تزداد سعة المتسعة بوجود العازل وحسب العلاقة:

اذا كان العازل فراغ $C = \epsilon_\circ \frac{A}{d}$

$$C = k\,\epsilon_\circ \frac{A}{d}$$

وإذا كان العازل مادة نضرب المعادلة x ثابت العزل الكهربائي للمادة *k* كما في المعادلة $C_k = k\,C$

نلاحظ من العلاقة : $C = \frac{Q}{\Delta V}$

1- إن مقدار سعة المتسعة يتناسب طرديا مع الشحنة بثبوت فرق الجهد الكهربائي إذا كانت المتسعة متصلة مع المصدر.
2- إن مقدار سعة المتسعة يتناسب عكسيا مع فرق الجهد الكهربائي بثبوت الشحنة إذا كانت المتسعة منفصلة عن المصدر.
3- إن مقدار فرق الجهد يتناسب طرديا مع الشحنة بثبوت سعة المتسعة (أي لا يتغير أي عامل من العوامل المؤثرة فيها).
4- إن مقدار السعة يتغير (*يزداد او يقل*) فقط بتغير كل من المساحة السطحية المتقابلة والبعد بين الصفيحتين ووضع مادة عازلة بين صفيحتيها حسب العلاقة:

$$C = \epsilon_o \frac{A}{d}$$

تأثير العوامل المؤثرة فـــي سعة المتسعة على كل من فرق الجهد و الشحنة المختزنة بين صفيحتي المتسعة و المجال الكهربائي بين الصفيحتين و الطاقة المختزنة فيما إذا كانت المتسعة مشحونة و فصلت عن المصدر او كانت لا زالت متصلة بالمصدر

أ – إذا كانت المتسعة مشحونة و مفصولة عن المصدر حيث يكون مقدار الشحنة ثابتا :

1- المساحة السطحية المتقابلة A لصفيحتي المتسعة حيث تتناسب طرديا مع سعة المتسعة C α A .بثبوت العوامل الأخرى(d، العازل).

ت	زيادة المساحة السطحية (كما في ربط التوازي)	نقصان المساحة السطحية
1	زيادة سعة المتسعة	تقل سعة المتسعة
2	يقل مقدار فرق الجهد الكهربائي ΔV لأنه يتناسب عكسيا مع السعة	يزداد مقدار فرق الجهد الكهربائي لأنه يتناسب عكسيا مع السعة
3	يقل مقدار المجال الكهربائي E لان فرق الجهد يقل بثبوت d حسب العلاقة: $E = \frac{\Delta V}{d}$ التناسب طردي بين ΔV α E	يزداد مقدار المجال الكهربائي E لان فرق الجهد يزداد بثبوت d حسب العلاقة: $E = \frac{\Delta V}{d}$ التناسب طردي بين ΔV α E
4	يقل مقدار الطاقة المختزنة بين صفيحتي المتسعة بزيادة سعة المتسعة وفق العلاقة: $PE = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ او بسبب نقصان مقدار فرق الجهد الكهربائي وفق العلاقة: $PE = \frac{1}{2}\Delta V\ Q$. حيث تتناسب الطاقة المختزنة عكسيا مع سعة المتسعة و طرديا مع فرق الجهد الكهربائي بثبوت الشحنة.	يزداد مقدار الطاقة المختزنة بين صفيحتي المتسعة بنقصان سعة المتسعة وفق العلاقة: $PE = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ او بسبب زيادة مقدار فرق الجهد الكهربائي وفق العلاقة: $PE = \frac{1}{2}\Delta V\ Q$. حيث تتناسب الطاقة المختزنة عكسيا مع سعة المتسعة و طرديا مع فرق الجهد الكهربائي بثبوت الشحنة.

2- البعد بين صفيحتي المتسعة d حيث يتناسب عكسيا مع سعة المتسعة Cαd .بثبوت العوامل الأخرى(A ، العازل).

ت	زيادة البعد d بين صفيحتي المتسعة (كما في ربط التوالي)	نقصان البعد d بين صفيحتي المتسعة
1	تقل سعة المتسعة	تزداد سعة المتسعة
2	يزداد فرق الجهد الكهربائي لأنه يتناسب طرديا مع البعد d بثبوت المجال الكهربائي وفق العلاقة: ΔV = E d	يقل فرق الجهد الكهربائي لأنه يتناسب طرديا مع البعد d بثبوت المجال الكهربائي وفق العلاقة: ΔV = E d
3	المجال الكهربائي يبقى ثابت لازدياد فرق الجهد و البعد معا	المجال الكهربائي يبقى ثابت لنقصان فرق الجهد و البعد معا
4	تزداد الطاقة بين صفيحتي المتسعة لنقصان السعة و ازدياد فرق الجهد الكهربائي وفق العلاقتين: $PE = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ $PE = \frac{1}{2}\Delta V\ Q$	تقل الطاقة بين صفيحتي المتسعة لازدياد سعة المتسعة و نقصان فرق الجهد الكهربائي وفق العلاقتين: $PE = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ $PE = \frac{1}{2}\Delta V\ Q$

3- وضع مادة عازلة بين صفيحتي المتسعة يؤدي الى زيادة سعة المتسعة حيث يتناسب طرديا مع سعة المتسعة بثبوت (*A,d*).

ت	وضع مادة عازلة بدل الهواء او الفراغ بين صفيحتي المتسعة
1	يزداد مقدار سعة المتسعة عند وضع المادة العازلة K من المرات حسب العلاقة: $C_k = KC$ و السبب في ذلك يتولد مجال كهربائي داخل العازل يكون معاكس للمجال الكهربائي الأصلي و بالتالي يقل المجال الكهربائي الأصلي فيكون المجال المحصل حسب العلاقة: $E_k = E - E_d$ و إن نقصان المجال الكهربائي يؤدي الى نقصان فرق الجهد الكهربائي حسب العلاقة: $E = \frac{\Delta V}{d}$ و إن نقصان فرق الجهد يؤدي الى زيادة سعة المتسعة بثبوت الشحنة حسب العلاقة: $C=\frac{Q}{\Delta V}$
2	يثبت مقدار الشحنة بعد وضع العازل كونها مفصولة عن المصدر : $Q_k = Q$
3	يقل مقدار فرق الجهد الكهربائي بنسبة k حيث : $\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k}$
4	يقل مقدار المجال الكهربائي بنسبة *k* حيث : $E = \frac{E_k}{k}$
5	تقل الطاقة المختزنة بين الصفيحتين لنقصان فرق الجهد الكهربائي و زيادة سعة المتسعة: $PE_k = \frac{PE}{k}$

ب- إذا كانت المتسعة مشحونة و لازالت متصلة بالمصدر حيث يكون مقدار فرق الجهد ثابتا:

1- المساحة السطحية المتقابلة *A* لصفيحتي المتسعة حيث تتناسب طرديا مع سعة المتسعة $C \propto A$ بثبوت العوامل الأخرى(d، العازل).

ت	زيادة المساحة السطحية(ربط التوازي)	نقصان المساحة السطحية
1	تزداد سعة المتسعة	تقل سعة المتسعة
2	تزداد الشحنة لزيادة سعة المتسعة	تقل الشحنة لنقصان سعة المتسعة
3	يثبت مقدار المجال الكهربائي لثبوت فرق الجهد و *d* معا	يثبت مقدار المجال الكهربائي لثبوت فرق الجهد و *d* معا
4	تزداد الطاقة بسبب زيادة الشحنة $PE=1/2\ \Delta V\ Q$	تقل الطاقة لان الشحنة تقل $PE=1/2\ \Delta V\ Q$

-2 البعد بين صفيحتي المتسعة *d* حيث يتناسب عكسيا مع سعة المتسعة $C\alpha d$.بثبوت العوامل الأخرى(*A* ، العازل).

ت	زيادة البعد *d* بين صفيحتي المتسعة (ربط التوالي)	نقصان البعد *d* بين صفيحتي المتسعة
1	تقل سعة المتسعة	تزداد سعة المتسعة
2	تقل الشحنة لنقصان سعة المتسعة	تزداد الشحنة لازدياد سعة المتسعة
3	يقل مقدار المجال الكهربائي وفق العلاقة: $E = \frac{\Delta V}{d}$	يزداد مقدار المجال الكهربائي وفق العلاقة: $E = \frac{\Delta V}{d}$
4	يقل مقدار الطاقة لنقصان الشحنة: $PE=1/2\ \Delta V\ Q$	يزداد مقدار الطاقة لازدياد الشحنة : $PE=1/2\ \Delta V\ Q$

-3 وضع مادة عازلة بين صفيحتي المتسعة يؤدي الى زيادة سعة المتسعة حيث يتناسب طرديا مع سعة المتسعة بثبوت (*A,d*).

ت	وضع مادة عازلة بدل الهواء او الفراغ بين صفيحتي المتسعة
1	تزداد سعة المتسعة *k* من المرات $C_k = k\ C$
2	تزداد الشحنة *k* من المرات $Q_k = k\ Q$
3	يثبت مقدار المجال الكهربائي لثبوت فرق الجهد و البعد *d*
4	تزداد الطاقة بين صفيحتي المتسعة لزيادة الشحنة : $PE=1/2\ \Delta V\ Q$

س/ علام يعتمد مقدار الطاقة المختزنة بين صفيحتي متسعة ثابتة السعة ؟

إن مقدار الطاقة المختزنة بين صفيحتي المتسعة يعتمد على مربع الشحنة Q^2 أو مربع فرق الجهد الكهربائي ΔV^2 عندما تكون سعة المتسعة ثابتة (أي لا يتغير أي عامل من العوامل المؤثرة في سعة المتسعة) حيث يكون التناسب طرديا بينهما. و حسب العلاقة :

$$PE = \frac{1}{2}\cdot\frac{Q^2}{C} \quad , \quad PE = \frac{1}{2}\,C\,(\Delta V^2)$$ (بثبوت السعة)

(واجب) المتسعتان (C_1 , $C_2= 24\mu F$) موصولتان على التوالي ثم وصلتا الى بطارية و كانت السعة المكافئة لهما $6\mu F$ و المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الأولى $5000V/m$ و البعد بين الصفيحتين $0.3cm$ احسب :

-1 سعة المتسعة الأولى . -2 فرق جهد المتسعة الثانية.

(8μF , 5 Volt)

ربط المتسعات على التوازي

إن الغرض من ربط التوازي هو لزيادة سعة المتسعة المكافئة للمجموعة المتوازية لذا تربط المتسعات بشكل متوازي لغرض زيادة المساحة السطحية المتقابلة للمتسعة المكافئة (بثبوت البعد *d* و نوع العازل)التي تتناسب طرديا مع سعة المتسعة.

مميزات ربط التوازي

1- يكون مقدار فرق الجهد ثابتا لكل متسعةويساوي فرق الجهد الكلي حيث: $\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 = \Delta V_{total}$.

بمـــــا أن سعة المتسعة هي مقياس للشحنة المختزنة بين صفيحتي المتسعة حيث كلما زادت السعة تزداد الشحنة و عليه فان الشحنة الكلية تساوي مجموع الشحنات في المتسعات المربوطة توازي حيث إن:

$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + ...$.

3- يحسب مقدار السعة المكافئة من حاصل جمع السعات للمجموعة المتوازية و يكون مقدارها اكبر من اكبر سعة في المجموعة حيث : $C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 ....$.

فيكون :

$$C_{total} = \frac{Q_{total}}{\Delta V} \quad , \quad C_1 = \frac{Q_1}{\Delta V} \quad , \quad C_2 = \frac{Q_2}{\Delta V} \quad , \quad C_3 = \frac{Q_3}{\Delta V}$$

في ربط التوازي يكون :

1- عند ربط الصفائح المتشابهة مع بعضها أي الموجب مع الموجب و السالب مع السالب فان :

$$Q_T = Q_1 + Q_2 \quad , \Delta V = \frac{Q_T}{C_{eq}} \quad , Q_1 = C_1 \Delta V \quad , \quad Q_2 = C_2 \Delta V \quad , \quad C_{eq} = C_1 + C_2$$

2- عند ربط الصفائح المختلفة مع بعضها أي الموجب مع السالب و السالب مع الموجب فان:

a. اذا كانت الشحنتان متساويتان فان المتسعتان تتفرغ من شحنتاهما حيث $Q_T = Q_1 - Q_2 = 0$

b. اذا ربطنا متسعة مشحونة مع متسعة غير مشحونة يكون مقدار الشحنة الكلية مساويا الى مقدار الشحنة المشحونة لان شحنة المتسعة غير المشحونة يساوي صفر حيث $Q_T = Q_1 + 0$ ، $Q_T = Q_1$ حيث تعتبر المتسعة المشحونة هي مصدر لشحن المتسعة غير المشحونة فيكون مجموع شحنة المتسعتين مساويا الى مجموع شحنة المتسعة الأولى. (لاحظ السؤال 8 في المسائل).

c. اذا كانت الشحنتين مختلفتين فان الشحنة الكلية تساوي مقدار الشحنة الأكبر مطروحا من مقدار الشحنة الأصغر حيث: $Q_T = Q_{\text{اكبر}} - Q_{\text{اصغر}}$

سؤال للتوضيح / متسعة مشحونة سعتها $6\mu F$ و فرق جهدها 30V وصلت على التوازي مع متسعة أخرى غير مشحونة فاصبح فرق جهد المجموعة بعد التوصيل 20V . ما سعة المتسعة الثانية و ما شحنة كل منهما بعد التوصيل؟

$Q_1 = C_1 \times \Delta V = 6 \times 30 = 180\ \mu C \quad , \quad Q_2 = 0$

$Q_T = Q_1 + Q_2 = 180 - 0 = 180\mu C$

$C_{eq} = \frac{Q_T}{\Delta V_T} = \frac{180}{20} = 9\mu F$

$C_{eq} = C_1 + C_2 \rightarrow 9 = 6 + C_2 \rightarrow C_2 = 3\mu F$

$Q_1 = C_1 \Delta V = 6 \times 20 = 120\mu C$

$Q_2 = C_2 \Delta V = 3 \times 20 = 60\mu C$, او $Q_T = Q_1 + Q_2 \rightarrow 180 = 120 + Q_2$

$Q_2 = 180 - 120 = 60\mu C$

ربط المتسعات على التوالي

إن الغرض من هذا الربط هو وضع فرق جهد كهربائي اكبر لاتتحمله متسعة واحدة لو ربطت منفردة لذا تربط المتسعات بشكل متوالي لغرض زيادة البعد d بين صفيحتي المتسعة و الذي يؤدي الى زيادة فرق الجهد الكهربائي حيث يتناسب البعد d طرديا مع فرق الجهد الكهربائي وفق : $\Delta V = E\ d$. و عكسيا مع سعة المتسعة بثبوت المساحة السطحية و نوع العازل حسب العلاقة:

$$C = \epsilon_\circ \frac{A}{d}$$

مميزات ربط التوالي

1- يكون مقدار الشحنة متساوي في كل متسعة في المجموعة المتوالية الربط و يساوي الشحنة الكلية حيث :

$Q_{total} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$

و تفسير ذلك أن جهد الصفيحتين الوسطيتين متساو فهما صفيحتان موصولتان بعضهما بسلك توصيل لذا يمكن أن يعدان موصلا واحدا فيكون سطحه سطح تساوي الجهد تظهر عليهما شحنتان متساويتان بالمقدار و مختلفتان بالنوع.

2- يتوزع مقدار فرق الجهد الكلي على عدد المتسعات المربوطة توالي لان المجموعة مربوطة بين قطبي بطارية حيث يكون مقدار فرق الجهد الكلي يساوي مجموع فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة :

$\Delta V_{total} = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3$ ....

3- تقل سعة المتسعة المكافئة للمجموعة و تكون اقل من اقل سعة في المجموعة بسبب زيـــادة فرق الجهد الكهربائي بثبوت الشحنة و تحسب من العلاقة :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

تذكر

إن المجال الكهربائي يتناسب طرديا مع فرق الجهد الكهربائي بثبوت البعد d و عكسيا مع البعد d بثبوت فرق الجهد الكهربائي حيث يثبت فرق الجهد الكهربائي عندما تكون المتسعة متصلة بالمصدر و ان المجال الكهربائي يثبت عندما يكون فرق الجهد و البعد ثابتين او متغيرين في آن واحد و بنسبة ثابتة($\frac{\Delta V}{d}$ ثابتة)

و حسب العلاقة: $E = \frac{\Delta V}{d}$ و وحدته هي (v/m)

- يثبت مقدار فرق الجهد عندما تكون المتسعة متصلة بالمصدر
- يثبت مقدار الشحنة عندما تكون المتسعة منفصلة عن المصدر

شحن المتسعة وتفريغها

شحن المتسعة

ت	لحظة غلق الدائرة (نتعامل مع الدائرة كأنها مقاومة فقط)	بعد اكتمال عملية الشحن(نتعامل مع الدائرة كأنها متسعة فقط)
1	فرق الجهد على طرفي المقاومـــة أعظم مايمكن و يساوي فرق جهد البطارية : $\Delta V_R = \Delta V_{battery}$	فرق الجهد على طرفي المقاومة يساوي صفر $\Delta V_R = 0$
2	تيار الدائرة او تيار شحن المتسعة أعظم مايمكن : $I = \frac{\Delta V_{battery}}{R}$	تيار الدائرة او تيار شحن المتسعة يساوي صفر $I = 0$
3	يكون كل من فرق الجهد الكهربائي عبر المتسعة و شحنة المتسعة و المجال الكهربائي و الطاقة المختزنة تساوي صفر: $\Delta V_c = 0$, $Q_c = 0$, $E = 0$, $PE = 0$	فرق الجهد الكهربائي عبر المتسعة و شحنة المتسعة و المجال الكهربائي و الطاقة المختزنة أعظم ما يمكن $\Delta V_c = \Delta V_{battery}$

ملاحظة مهمة

يختلف مقدار فرق الجهد الكهربائي للمتسعة المربوطة على التوالي مع مقاومة وبطارية عن مقدار فرق الجهد في ربط التوازي حيث يكون في ربط التوالي مساويا إلى فرق جهد البطارية بعد اكتمال عملية شحنها أما في ربط التوازي فإنها تأخذ مقدار فرق جهد المقاومة المربوطة معها توازي.(لاحظ المثال 8 صفحة 33).

في الدوائر الكهربائية المتوالية الربط (ربط المقاومات على التوالي) يكون التيار ثابت المقدار. أما الدوائر الكهربائية المتوازية الربط (ربط المقاومات على التوازي) تكون الفولطية ثابتة.

تفريغ المتسعة

ان تيار التفريغ يبدأ بمقدار كبير لحظة غلق الدائرة و بعدها يتلاشى الى الصفر بعد إتمام عملية التفريغ عندما لا يتوافر فرق جهد بين صفيحتي المتسعة: $\Delta V_c=0$, $I=0$

ملاحظة: تعد المتسعة الموضوعة في دائرة تيار مستمر مفتاحا مفتوحا لان بعد اكتمال عملية الشحن يتساوى فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة مع فرق جهد البطارية و هذا يجعل فرق الجهد عبر المقاومة يساوي صفر فيكون التيار يساوي صفر.

انتباه

في دائرة شحن المتسعة المتوالية الربط فان لحظة غلق الدائرة نتعامل مع الدائرة على أنها مقاومة فقط لان المتسعة غير مشحونة وعند اكتمال شحن المتسعة نتعامل مع الدائرة على أنها متسعة فقط لانعدام فرق الجهد على طرفي المقاومة حيث لا يمر التيار عبرها (المتسعة مفتاح مفتوح).

الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة

1.عند نقل كمية من الشحنات الكهربائية من موقع إلى آخر يتحتم انجاز شغل على تلك الشحنات حيث يختزن هذا الجهد بشكل طاقة كامنة كهربائية ($PE_{electric}$) في المجال الكهربائي بين الموقعين.

2.ان مقدار الشحنة و فرق الجهد للمتسعة الغير مشحونة يساوي صفر($\Delta V=0$, $Q=0$).

3.يمكن حساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة و ذلك برسم بياني مخطط بياني بين مقدار الشحنة و فرق الجهد من خلال حساب مساحة المثلث (المنطقة المظللة تحت المنحني) حيث تساوي:

(حيث ان مساحة المثلث تساوي نصف القاعدة في الارتفاع)

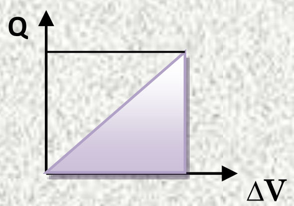
$PE_{electric}= 1/2\ \Delta V \times Q$

نلاحظ من العلاقات الثلاث :

1-إن مقدار الطاقة يتناسب طرديا مع فرق الجهد بثبوت الشحنة.

2- إن مقدار الطاقة يتناسب طرديا مع الشحنة بثبوت فرق الجهد.

3- إن مقدار الطاقة يتناسب طرديا مع سعة المتسعة بثبوت فرق الجهد و الشحنة.



$\rightarrow Q=C \times \Delta V$

$\rightarrow PE_{electric}= 1/2\ C\ \Delta V^2$

$\rightarrow \Delta V= \frac{Q}{C}$ $\quad \Delta V^2=(\frac{Q}{C})^2$

$PE_{electric}= 1/2\ Q^2/C$

من أي علاقة من العلاقات السابقة يمكن حساب مقدار الطاقة الكهربائية المختزنة بين صفيحتي المتسعة و كذلك يمكن حساب القدرة الكهربائية المختزنة بين صفيحتي المتسعة من العلاقة:

$$Power= \frac{PEelectric}{time} = \frac{Joul}{second} = watt$$

أمثلة الكتاب :

مثال1/ متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها (10pF) شحنت بوساطة بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V) ، فاذا فصلت المتسعة عن البطارية ثم أدخل بين صفيحتيها لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (6) يملأ الحيز بينهما. ما مقدار :
الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة. -2 سعة المتسعة بوجود العازل الكهربائي . -3 فرق الجهد بين الصفيحتين بعد ادخال العازل.

1 pF = 10^{-12}F

1- $Q = C \times \Delta V = 10 \times 10^{-12} \times 12 = 120 \times 10^{-12}$coulmb (مقدار الشحنة قبل وضع العازل)

2- $C_k = KC = 6 \times 10 \times 10^{-12}F = 60 \times 10^{-12}F$ (سعة المتسعة بعد وضع العازل)

3- $\Delta V = \frac{\Delta V}{K} = \frac{12}{6} = 2V$ (يقل مقدار فرق الجهد الكهربائي بنسبة ثابت العزل لان المتسعة مفصولة عن المصدر)

4- $Q_k = Q = 120 \times 10^{-12} coulomb$ (يبقى مقدار الشحنة ثابتا بعد وضع العازل لان المتسعة مفصولة)

مثال2/ متسعتين ذات الصفيحتين المتوازيتين، البعد بين صفيحتيها (0.5 cm) و كل من صفيحتيها مربعة الشكل طول ضلع كل منهما (10cm) و يفصل بينهما الفراغ ($\epsilon_o = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N.m^2$) ما مقدار:
سعة المتسعة . -2 الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها بعد تسليط فرق جهد كهربائي (10V) بينهما.

نستخرج سعة المتسعة من علاقة العوامل المؤثرة فيها حيث : $A=(0.1)^2 = 1 \times 10^{-2}m^2$, $d= 0.5\ cm= 5 \times 10^{-3}m$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} = 8.85 \times 10^{12} \frac{1 \times 10^{-2}}{5\times10^{-3}} = 17.7 \times 10^{-12}F = 17.7pF$$

لحساب مقدار الشحنة المختزنة بين صفيحتي المتسعة من العلاقة :

$$Q = C \times \Delta V = 17.7 \times 10^{-12} \times 10 = 177 \times 10^{-12} coulomb$$

مثال 3: اربع متسعات حسب الترتيب (4μF , 8μF , 12μF , 6μF) مربوطة مع بعضها على التوازي ربطت المجموعة بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12Volt) احسب مقدار:
السعة المكافئة للمجموعة . -2 الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة. -3 الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة.

الحـــــــــــل

بما ان الدائرة مربوطة توازي فان المتسعة المكافئة تحسب من العلاقة الاتية :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$
$$= 4 + 8 + 12 + 6 = 30\mu F$$

بما ان المتسعات مربوطة على التوازي فان مقدار فرق الجهد يكون ثابت لكل المتسعات و يساوي $\Delta V = 12V$

$$Q_{total} = C_{eq} \times \Delta V = 30 \times 12 = 360\mu coulomb$$
$$Q_1 = C_1 \times \Delta V = 4 \times 12 = 48\mu coul$$
$$Q_2 = C_2 \times \Delta V = 8 \times 12 = 96\mu coul$$
$$Q_3 = C_3 \times \Delta V = 12 \times 12 = 144\mu coul$$
$$Q_4 = C_4 \times \Delta V = 6 \times 12 = 48\mu coul$$

و نستطيع إيجاد الشحنة الكلية من حاصل الجمع الجبري للشحنات حيث يكون :

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 48 + 96 + 144 + 72 = 360\mu coul$$

مثال4: ثلاث متسعات من ذوات الصفيحتين المتوازيتين سعاتها حسب الترتيب (6μF , 9μF , 18μF) مربوطة مع بعضها على التوالي وشحنت المجموعة بشحنة كلية (300μcoul) :

احسب مقدار:

السعة المكافئة للمجموعة . 2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة . 3- فرق الجهد الكلي بين طرفي كل مجموعة

4 – فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة.

بما ان المجموعة مربوطة توالي فيمكن حساب سعتها المكافئة من العلاقة الاتية:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3} \quad , \quad C_{eq} = 3\mu F$$

لان الربط توالي فان مقدار الشحنة يكون ثابتا في كل متسعة و يساوي الشحنة الكلية و كما يأتي:

$$Q_{total} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q = 300\mu coulomb$$

لحساب فرق الجهد الكلي من الشحنة الكلية و السعة المكافئة للمجموعة و كما يأتي:

$$\Delta V_{total} = \frac{Q_{total}}{C_{eq}} = \frac{300}{3} = 100\ Volt$$

لحساب فرق الجهد في كل متسعة من مقدار الشحنة الثابت و سعة كل متسعة:

$$\Delta V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{300}{6} = 50\ Volt$$

$$\Delta V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{300}{9} = \frac{100}{3}\ Volt$$

$$\Delta V_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{300}{18} = \frac{50}{3}\ Volt$$

س5: ما مقدار الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة التي سعتها (2μF) اذا شحنت لفرق جهد كهربائي (5000V). و ما مقدار القدرة التي نحصل عليها عند تفريغها بزمن (10μs).

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} C \times \Delta V^2 = \frac{1}{2}(2\times 10^{-6})(5000^2) = 25J$$

$$Power(p) = \frac{PE_{electric}}{time(t)} = \frac{25}{10 \times 10^{-6}} = 2.5 \times 10^6 Watt$$

س6/ متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين (C_1= 3μF , C_2= 6μF) مربوطتان على التوالي . ربطت مجموعتهما على التوالي بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها (24V) و كان الهواء عازلا بين صفيحتيهما . اذا ادخل بين كل منهما لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (2) يملا الحيز بينهما و ما زالت المجموعة متصلة بالمصدر . فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة و الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة قبل ادخال العازل و بعد ادخال العازل.

قبل ادخال العازل نحسب السعة المكافئة للمجموعة المتوالية الربط من العلاقة :

$$C_{eq} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} \quad , \quad C_{eq} = 2\mu F$$

$$Q_{total} = C_{eq} \times \Delta V_{total} = 2 \times 24 = 48\ \mu coul = Q_1 = Q_2$$ (الشحنة ثابتة لان الربط توالي)

$$\Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{48}{3} = 16V \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{48}{6} = 8V$$

لحساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة نستخدم العلاقة الاتية:

$$PE_{1\ electric} = \frac{1}{2} C_1 \times \Delta V_1^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 10^{-6} \times (16)^2 = 384 \times 10^{-6} J$$

$$PE_{2\ electric} = \frac{1}{2} C_2 \times \Delta V_2^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6} \times (8)^2 = 192 \times 10^{-6} J$$

بعد ادخال العازل بين صفيحتي كل متسعة سوف تزداد سعتاهما و تزداد السعة المكافئة بمقدار ثابت العزل و بذلك تزداد كمية الشحنات و يثبت مقدار فرق الجهد الكهربائي كون المجموعة متصلة بالمصدر و تزداد الطاقة لزيادة سعة المتسعة بثبوت فرق الجهد الكهربائي حيث :

$$C_k = KC \ , \quad C_{k1} = 2 \times 3 = 6\mu F \quad , \quad C_{k2} = 2\times 6 = 12\mu F$$

$$C_{keq} = \frac{1}{C_{1k}} + \frac{1}{C_{2k}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{3}{12} = \frac{1}{4} \quad , \quad C_{eq} = 4\mu F$$

$$Q_{k\,total} = C_{k\,eq} \times \Delta V_{total} = 4 \times 24 = 96\ \mu coul = Q_{1k} = Q_{2k}$$

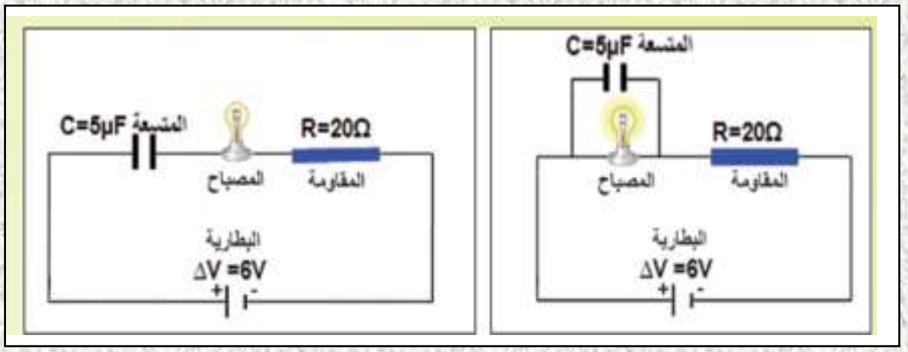
$$\Delta V_{k1} = \frac{Q_k}{C_1} = \frac{96}{6} = 16V \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q_k}{C_{k2}} = \frac{96}{12} = 8V$$

ثم نحسب الطاقة من العلاقة :

$$PE_{1k\,electric} = \frac{1}{2} C_{k1} \times \Delta V_{1k}^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6} \times (16)^2 = 768 \times 10^{-6} J$$

$$PE_{2k\,electric} = \frac{1}{2} C_{k2} \times \Delta V_{k2}^2 = \frac{1}{2} \times 12 \times 10^{-6} \times (8)^2 = 348 \times 10^{-6} J$$

مثال 7: دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي مصباح كهربائي مقاومته ($r = 10\Omega$) و مقاومة مقدارها ($R = 20\Omega$) و بطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيها ($\Delta V = 6$ volt) ربطت في الدائرة متسعة ذات صفيحتين متوازيتين سعتها ($5\mu F$) . ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة و الطاقة الكهربائية المختزنة في مجالها الكهربائي ، لو ربطت المتسعة : على التوازي مع المصباح . 2- على التوالي مع المصباح و المقاومة و البطارية في الدائرة نفسها (بعد فصل المتسعة عن الدائرة الأولى و افراغها من جميع شحنتها).



الحـــــــــــــل

في الدائرة الأولى نلاحظ ان المتسعة مربوطة توازي مع المصباح حيث تأخذ المتسعة نفس فرق جهد المصباح المربوط معها توازي ، و بما ان الدائرة متوالية الربط فان التيار يكون ثابت لكل الفروع و يختلف مقدار فرق الجهد حيث نستخرج التيار ثم فرق جهد المصباح الذي يساوي فرق جهد المتسعة و كما يأتي:

$$I = \frac{\Delta V}{r+R} = \frac{6}{10+20} = 0.2A$$

$$\Delta V = I \times r = 0.2 \times 10 = 2\ V = \Delta V_c$$

$$Q = C \times \Delta V = 5 \times 10^{-6} \times 2 = 10\mu coul$$

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} C \times \Delta V^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-6} \times (2)^2 = 10 \times 10^{-6} J$$

في الدائرة الثانية نلاحظ ان المتسعة مربوطة على التوالي في دائرة التيار المستمر حيث تقطع التيار في الدائرة بعد ان تشحن بكامل شحنتها (تعمل عمل مفتاح مفتوح في دائرة التيار المستمر) لذا يكون فرق جهد البطارية مساويا الى فرق جهد المتسعة :

$$Q = C \times \Delta V = 5 \times 10^{-6} \times 6 = 30\mu coul$$

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} C \times \Delta V^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-6} \times (6)^2 = 90 \times 10^{-6} J$$

أنشطة الفصل الأول

س1/ اشرح نشاط يبين تاثير ادخال المادة العازلة بين صفيحتي متسعة مشحونة و مفصولة عن البطارية في مقدار فرق الجهد الكهربائي بينهما(تجربة فراداي) و ما تاثيره في سعة المتسعة.

الشحنة تكون ثابتة لان المتسعة مفصولة عن المصدر

نأخذ متسعة ذات الصفيحتين العازل بينهما هو الهواء و نربط احدى الصفيحتين بالقطب السالب للبطارية فتشحن بشحنة سالبة و الصفيحة الثانية بالقطب الموجب فتشحن بشحنة موجبة .

نفصل المتسعة عن البطارية بعد اكتمال عملية شحنها.

نربط الصفيحة الموجبة بالقطب الموجب لفولطميتر و الصفيحة السالبة بالطرف السالب للفولطميتر .فنلاحظ انحراف المؤشر عند قراءة معينة .

ندخل مادة عازلة بين صفيحتي المتسعة نلاحظ نقصان قراءة الفولطميتر .

(نستنتج من النشاط ان ادخال المادة العازلة بين صفيحتي المتسعة يؤدي الى نقصان فرق الجهد الكهربائي بثبوت الشحنة الكهربائية حسب العلاقة : $C = Q/\Delta V$. حيث يقل فرق الجهد الكهربائي بنسبة ثابت العزل للمادة K حيث $\Delta V_K = \Delta V/K$).

و كذلك فان سعة المتسعة تزداد بوجود ثابت العزل الكهربائي k من المرات $C_k=KC$.

س2/ اشرح نشاط تبين فيه تاثير المساحة السطحية المتقابلة فـــــــي مقدار فرق الجهد الكهربائي و سعة المتسعة لمتسعة مشحونة و مفصولة عن المصدر.

نربط صفيحتي متسعة مشحونة و مفصولة عــــــن المصدر بقطبي الفولطميتر (الصفيحة الموجبة مع القطب الموجب و الصفيحة السالبة مع القطب السالب) و نلاحظ قراءة الفولطميتر عند تدريجة معينة.

نقلل المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المتسعة الى نصف ما كانت عليه(و ذلك بازاحة احدى الصفيحتين جانبا مع بقاء مقدار الشحنة ثابتا) نلاحظ زيادة قراءة الفولطميتر الى ضعف ما كانت عليه (أي $2\Delta V$) .

تقل سعة المتسعة بازدياد فرق الجهد الكهربائي بثبوت الشحنة حسب العلاقة : $C=Q/\Delta V$. حيث ان سعة المتسعة تتناسب طرديا مع المساحة A السطحية المتقابلة للصفيحتين بثبوت العوامل الأخرى (d و المادة العازلة).

س3/ اشرح نشاط تبين فيه تاثير البعد d بين صفيحتي المتسعة المشحونة و المفصولة عن المصدر فـي مقدار فرق الجهد الكهربائي و سعة المتسعة.

نربط الصفيحة الموجبة الشحنة للمتسعة المشحونة و المفصولة عن المصدر بالقطب الموجب لفولطميتر و الصفيحة السالبة الشحنة بالقطب السالب للفولطميتر حيث يكون البعد الابتدائي d بينهما و نلاحظ قراءة الفولطميتر.

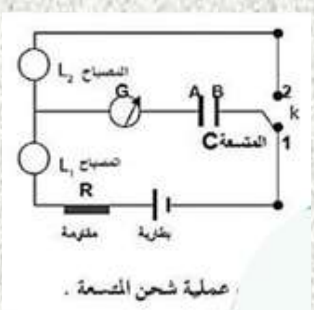
نقرب الصفيحتين من بعضهما أي نقلل البعد d الى نصف ما كان عليه نلاحظ نقصان قراءة الفولطميتر الى نصف ما كانت عليه بثبوت الشحنة d .

تزداد سعة المتسعة بنقصان فرق الجهد الكهربائي وفق العلاقة $C=Q/\Delta V$.

نستنتج ان سعة المتسعة تزداد بنقصان البعد d بين صفيحتي المتسعة بثبوت العوامل الأخرى (A و المادة العازلة).

س4/ اشرح نشاطا يوضح كيفية شحن المتسعة؟

أدوات النشاط : نأخذ بطارية فولطيتها مناسبة ، كلفانوميتر G صفره وسط التدريجة ، و متسعة C ذات الصفيحتين المتوازيتين (A,B) مفتاح مزدوج K و مقاومة ثابتة ، و مصباحان متماثلان (L_1 , L_2) اسلاك توصيل. و نربطهم كما في الشكل:



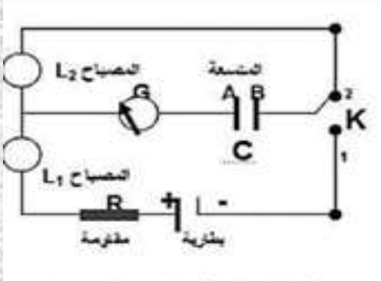
عملية شحن المتسعة .

نجعل المفتاح k في الموقع رقم (1) .

ان الموقع رقم (1) يعني ربط صفيحتي المتسعة بين قطبي البطارية لغرض شحنها لذا نلاحظ انحراف مؤشر الكلفانومتر لحظيا على احد جانبي الصفر نحو اليمين مثلا ثم يعود بسرعة نحو الصفر و السبب (يتوهج المصباح رقم (1) لبرهة من الزمن ثم ينطفيء في ذلك هو بعد اكتمال عملية الشحن يتساوى فرق جهد البطارية مع فرق جهد كل صفيحة من المتسعة فيكون فرق جهد المقاومة و التيار عبر المقاومة يساوي صفر.

(لذا تعد المتسعة مفتاحا مفتوحا بعد اكمال عملية شحنها في دوائر التيار المستمر)

تشحن الصفيحة B بالشحنة السالبة كونها مربوطة بالقطب السالب للبطارية اما الصفيحة A فإنها معزولة عن الصفيحة B لذا تشحن بطريقة الحث بالشحنة الموجبة .
ان تيار الشحن لحظة غلق الدائرة يكون كبيرا ثم يتناقص الى الصفر بعد اكتمال عملية الشحن.



عملية تفريغ المتسعة من شحنتها .

س5/ اشرح نشاطا يوضح كيفية تفريغ المتسعة؟

نربط أدوات النشاط كما في الشكل حيث نجعل المفتاح k في الموقع 2.
هذا يعني ربط صفيحتي المتسعة ببعضها بسلك موصل حيث تتعادل شحنتي الصفيحتين الموجبه و السالبة مما يؤدي الى تفريغهما من الشحنات (صافي الشحنة الكلية للمتسعة يساوي صفر).
نلاحظ انحراف مؤشر الكلفانوميتر لحظيا الى الجانب الاخر من تدريجة الصفر (عكس الجانب الذي انحرف اليه عند عملية الشحن) فيتوهج المصباح رقم 2 للحظة ثم ينطفيء.
نستنتج ان تيارا لحظيا قد انساب في الدائرة الكهربائية يسمى تيار التفريغ حيث يتلاشى بسرعة و يكون مساويا صفر عندما لا يتوافر فرق بالجهد بين صفيحتي المتسعة $\Delta V_{AB}=0$.
ان تيار التفريغ يبدا بمقدار كبير لحظة غلق الدائرة (أي لحظة ربط الصفيحتين ببعضهما بسلك موصل) ثم يهبط الى الصفر بعد إتمام عملية التفريغ.

أنواع المتسعات

المتسعة ذات الورق المشمع : و تستعمل في العديد من الأجهزة الكهربائية و الالكترونية و تمتاز بـــ :
a : صغر حجمها . b: كبر مساحة الصفائح

المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة :

س/ لماذا تكون المتسعة المتغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة مكافئة لمجموعة من المتسعات المربوطة توازي؟

و ذلك لانها تتألف من مجموعتين من الصفائح بشكل انصاف أقراص احدى المجموعتين ثابتة و الأخرى يمكنها الدوران حول محور ثابت و تربط المجموعتان بين قطبي بطارية عند شحنها.

س/ علل تتغير سعة المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة في اثناء الدوران؟

ان سعة المتسعة تتغير نتيجة لتغير المساحة السطحية المتقابلة للصفائح و يفصل بين كل صفيحتين الهواء كعازل كهربائي .

يستعمل هذا النوع من المتسعات في دائرة التنغيم في اللاسلكي و المذياع.

المتسعة الالكتروليتية :
س/ مم تتالف المتسعة الالكترونية ؟ و كيف تتولد المادة العازلة فيها؟
تتالف من صفيحتين احداهما من الالمنيوم و الأخرى عجينة الكتروليتية . و تتولد المادة العازلة نتيجة التفاعل الكيميائي بين الالمنيوم و الالكتروليت و تلف الصفائح بشكل اسطواني.
س/ بماذا تمتاز المتسعة الالكتروليتية؟
تمتاز بانها تتحمل فرق جهد كهربائي عال ، و توضع على طرفيها علامة للدلالة على قطبيتها لغرض ربطها بالدائرة الكهربائية بقطبية صحيحة.

بعض التطبيقات العملية للمتسعات(في الأسئلة الأسئلة الكلامية الاتية)

أسئلة عامة و أسئلة وزارية حول المتسعات

(الأسئلة الكلامية)

1. يقل مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة عند إدخال مادة عازله بين الصفيحتين.

و ذلك بسبب تولد مجال كهربائي داخل العازل معاكس للمجال الأول(الأصلي) بين صفيحتي المتسعة حيث أن المجال المحصل $E_k=E-E_d$ و هذا معناه أن المجال يقل بنسبة K حيث يكون: $E_k = E/K$.

2. يحدد مقدار أقصى فرق جهد كهربائي يمكن أن تعمل عنده المتسعة.

و ذلك لأنه في حالة الاستمرار في زيادة فرق الجهد المسلط بين صفيحتيها يتسبب في ازدياد مقدار المجال الكهربائي للعازل نتيجة عبور الشرارة الكهربائية خلاله فتتفرغ عندئذ المتسعة من جميع شحنتها و هذا يعني تلف المتسعة(لمنع الوصول إلى حالة الانهيار الكهربائي). (المجال الكهربائي يتناسب طرديا مع فرق الجهد الكهربائي بثبوت البعد(d) $E= \Delta V/d$ $(E\propto\Delta V)$.

3. علل يقل مقدار سعة المتسعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوالي.

لزيادة البعد (d) بين صفيحتي المتسعة المكافئة بثبوت المساحة السطحية المتقابلة والعازل. و حسب العلاقة: (التناسب عكسي بين سعة المتسعة والبعد بين الصفيحتين بثبوت العوامل الأخرى) $C\propto 1/d$.

$$C = \epsilon_o \frac{A}{d}$$

4. ماذا يحصل للطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة ذات سعه ثابتة عند مضاعفة مقدار فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة؟

إن الطاقة المختزنة تتناسب طرديا مع مقدار فرق الجهد الكهربائي حيث عند مضاعفة مقدار فرق الجهد الكهربائي فان الطاقة المختزنة تصبح أربع مرات من الطاقة الأصلية وكما يأتي:

$P.E = 1/2\ C\ \Delta V^2$

عند مضاعفة فرق الجهد الكهربائي فان:

$\Delta V_2 = 2\Delta V$

$\therefore P.E_2 = 1/2\ C\ (2\Delta V)^2$

$\therefore P.E_2 = 4\ (1/2\ C\ (\Delta V)^2$

$P.E= 1/2\ \Delta V\ Q$

عند مضاعفة فرق الجهد الكهربائي فان: $\Delta V_2= 2\Delta V$ & $Q_2= 2Q_1$

$\therefore P.E_2 = 1/2\ (2\Delta V\times 2Q)$

$\therefore P.E_2=4(1/2\ \Delta V\ Q)$, $\therefore P.E_2 = 4\ P.E$

5. علل يكون مقدار الشحنة الكلية في ربط التوالي لمتسعتين تساوي مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة.

لان جهد الصفيحتين متساوي فهما صفيحتان موصولتان مع بعضهما بسلك توصيل لذلك يعتبران موصل واحد سطحه هو سطح تساوي الجهد تظهر عليهما شحنتان متساويتان بالمقدار ومختلفتان بالنوع.

6. متى يكون تيار تفريغ المتسعة في مقداره الأعظم؟ وهل يستمر بهذا المقدار؟

لحظة إغلاق الدائرة يكون تيار التفريغ في أعظم مقدار. ولا يستمر بهذا المقدار حيث يهبط إلى الصفر بسرعة بعد اكتمال عملية التفريغ و ذلك لان فرق الجهد يساوي صفر.

7. ما الفائدة العملية من وجود المتسعة في اللاقطة الصوتية وفي منظومة المصباح الومضي؟

في اللاقطة الصوتية تعمل على تحويل الذبذبات الميكانيكية إلى ذبذبات كهربائية بالتردد نفسه.

في منظومة المصباح الومضي فهي التي تقوم بتجهيز المصباح بطاقة كافية لتوهجه بشكل مفاجئ بضوء ساطع أثناء تفريغ المتسعة من شحنتها.

8. ماذا يحصل لمقدار المجال الكهربائي والشحنة المختزنة بين صفيحتي متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين مربوطة بين قطبي بطارية أبعدت الصفيحتان عن بعضهما قليلا مع بقائها موصوله بالبطارية.

(فرق الجهد الكهربائي يكون ثابت لأنها متصلة بالمصدر وزيادة البعد **d**) يؤدي إلى:

أ -إن المجال الكهربائي يقل بزيادة البعد **d** وفق العلاقة $E = \Delta/d$ (**التناسب عكسي بين E وd**).

ب -تقل سعة المتسعة بزيادة البعد **d** لان $C \propto 1/d$ (**التناسب عكسي بين C و d**) و هذا يؤدي إلى نقصان الشحنة المختزنة بين صفيحتي المتسعة لان المتسعة تتناسب طرديا مع الشحنة بثبوت فرق الجهد و حسب العلاقة: $C = Q/\Delta V$.

9. ماذا تعني الشحنة الكلية للمتسعة و ماذا تعني شحنة المتسعة؟

الشحنة الكلية هي شحنة الصفيحتين معا الموجبة و السالبة أما شحنة المتسعة فهي شحنة إحدى الصفيحتين الموجبة أو السالبة.

10. ماذا يتطلب لنقل كمية من الشحنات من موقع إلى آخر وأين تختزن هذه الشحنات؟

يتطلب انجاز شغل على تلك الشحنات ويختزن هذا الشغل بشكل طاقة كامنة كهربائية في المجال الكهربائي بين الموقعين.

11. متى يكون المجال الكهربائي منتظما ومتى يكون ثابتا بين صفيحتي المتسعة؟

يكون منتظما عندما يكون البعد **d** بين الصفيحتين صغيرا جدا او ثابتا، ويكون المجال الكهربائي ثابتا إذا كان كل من فرق الجهد والبعد ثابتين او متغيرين معا. $E = \Delta V/d$.

12. علل يزداد فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة ثابتة السعة عند زيادة مقدار الشحنة في أي من صفيحتيها.

لان فرق الجهد الكهربائي **(ΔV)** بين الصفيحتين يتناسب طرديا مع مقدار الشحنة **(Q)** بثبوت السعة حسب العلاقة: $Q= C\ \Delta V$ (علاقة طردية).

13. علل زيادة سعة المتسعة المشحونة والمفصولة عن المصدر بإدخال مادة عازلة بين صفيحتيها بدل الهواء.

و ذلك بسبب تولد مجال كهربائي داخل المادة العازلة (E_d) معاكس باتجاهه للمجال الأول (الأصلي قبل إدخال العازلE) بسبب اصطفاف جزيئات العازل الثنائية القطب بموازاة المجال فيقل المجال المحصل (E_k) حسب العلاقة: ($E_k = E - E_d$) و يقل فرق الجهد بين الصفيحتين لان البعد ثابت ($\Delta V = E\ d$) فتزداد سعة المتسعة حسب العلاقة: $C = Q/\Delta V$ (التناسب عكسي بين C و ΔV).

14.ما الفائدة من ربط التوالي؟و ما الفائدة من ربط التوازي؟

وضع فرق جهد كهربائي اكبر على طرفي المجموعة المتوالية قد لا تتحمله متسعة منفردة.

أما ربط التوازي للحصول على سعة مكافئة كبيرة المقدار يمكن بواسطتها تخزين شحنة كهربائية كبيرة المقدار و بفرق جهد واطئ حيث لا يمكن الحصول على ذلك باستعمال متسعة واحدة.

---

15. لماذا تقع الشحنات على السطحين المتقابلين للمتسعة؟

بسبب قوى التجاذب بين الشحنات.

---

16. تكون جميع النقاط في الصفيحة الواحدة المشحونة للمتسعة بجهد متساو.

لان صفيحتي المتسعة مصنوعتان من مادة موصلة و معزولتان .

17. تكون المتسعة ذات السعة الأكبر تستوعب شحنة اكبر.

لان سعة المتسعة هي مقياس لمقدار الشحنة اللازم وضعها على أي من صفيحتيها لتوليد فرق جهد كهربائي معين بينها.

---

18. ماذا يحدث للمتسعة عند ربط صفيحتيها بين طرفي مصدر ذي فولطية متناوبة؟

المتسعة تشحن و تتفرغ بالتعاقب و بصورة دورية حيث تعتبر دائرتها مغلقة.

19.اذكر ثلاث تطبيقات عملية للمتسعة و وضح الفائدة العملية من استعمال تلك المتسعة في كل تطبيق.

أ - المتسعة الموضوعة في منظومة المصباح ألومضي في آلة التصوير و فائدتها تجهز المصباح بطاقة كافية لكي يتوهج بضوء ساطع عند تفريغها من شحنتها.

ب - المتسعة الموضوعة في جهاز تحفيز القلب و تفرغ طاقتها الكبيرة و المختزنة فيها في جسم المريض بفترة زمنية قصيرة جدا(الصدمة الكهربائية) فتحفز قلبه و تعيد انتظام عمله.

ج- المتسعة المستعملة في لوحة مفاتيح الحاسوب و فائدتها عندما نضغط على المفتاح يقل البعد **d** بين الصفيحتين فتزداد سعتها و هذا يجعل الدوائر الخارجية تتعرف على المفتاح الذي تم الضغط عليه.

---

20. متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين الهواء عزل بينهما ربطت بين قطبي بطارية. ادخل عازل كهربائي بين صفيحتيها ثابت عزله (K=4) و المتسعة ما زالت موصوله بالبطارية ماذا يحصل لكل من الكميات التالية مع ذكر السبب.

أ - فرق الجهد : يبقى ثابت لان المتسعة متصلة بالمصدر.

ب - سعة المتسعة : تزداد إلى أربعة أمثال ما كانت عليه حسب العلاقة: $C_k=KC=4C$.

ج- الشحنة : تزداد إلى أربعة أمثال ما كانت عليه حسب العلاقة: $Q_k=KQ=4Q$.

د- المجال الكهربائي :يبقى ثابت لان كل من d و ΔV ثابتين و حسب العلاقة: $E=\Delta V/d$.

هـ - الطاقة المختزنة بين صفيحتيها: تزداد إلى أربعة مرات ما كانت عليه و حسب العلاقة: $P.E = 1/2\ Q\ \Delta V$

$$P.E_k/P.E = 1/2\ Q_k\ \Delta V / 1/2\ Q\ \Delta V = 4Q/Q = 4$$

21. متسعة مشحونة و مفصولة عن المصدر يفصل بين صفيحتيها الهواء . ما الذي يحصل لكل من السعة و الشحنة و فرق الجهد بين صفيحتيها إذا أبدل الهواء بين صفيحتيها بعازل؟

أ - السعة تزداد بنسبة ثابت العزل حسب العلاقة: $C_k = KC$.

ب - الشحنة تبقى ثابتة لان المتسعة مفصولة عن المصدر و حسب العلاقة: $Q_k = Q$.

ج_ فرق الجهد يقل بنسبة K و حسب العلاقة $\Delta V = \Delta V/K$.

---

22. اكتب العلاقة التي يمكنك بواسطتها حساب القدرة الكهربائية المختزنة في المتسعة.

و وحدة قياسها هي ألواط إذا كانت الطاقة تقاس بالجول و الزمن بالثانية **Power = P.E/time(t) = watt.**

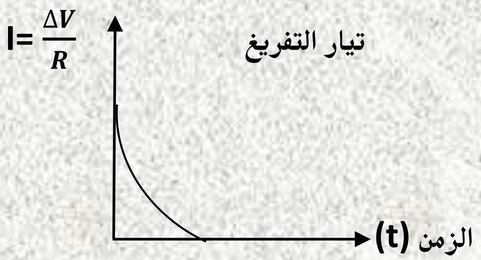
---

23. اذكر فائدتين عمليتين تتحققان من إدخال مادة عازلة كهربائيا تملأ الحيز بين صفيحتي متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين بدلا من الهواء او الفراغ.

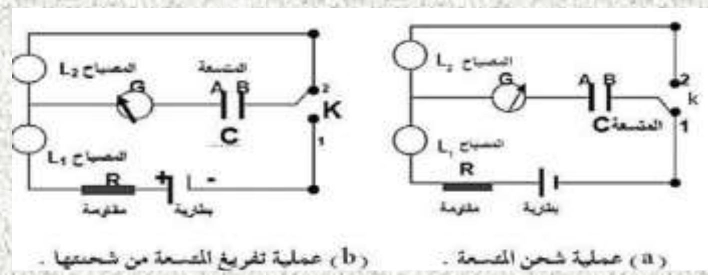
أ- زيادة سعة المتسعة حسب العلاقة: $C = K\,C$.

ب-منع الانهيار الكهربائي المبكر للعازل بين صفيحتيها عند تسليط فرق جهد كهربائي كبير بين صفيحتيها.

-24 ارسم مخطط تبين فيه العلاقة بين تيار التفريغ للمتسعة و الزمن المستغرق للتفريغ.



-25ارسم مخطط لدائرة (مع التأشير على الأجزاء) توضح فيها عملية شحن و تفريغ المتسعة.



-26 في أي نوع من أنواع العوازل الكهربائية تظهر شحنات سطحية على وجهيها؟ ذاكرا العلاقة الرياضية للمجال الكهربائي المتولد من هذه الشحنات؟

الشحنات السطحية تظهر في العوازل غير القطبية والعلاقة الرياضية هي $E_k = E + E_d$ اتجاها و $E_k = E - Ed$ مقدارا.

حيث إن E: المجال المؤثر الأصلي، E_k: المجال المحصل، E_d : المجال داخل العازل

27-اختر الإجابة الصحيحة:

متسعة ذات صفيحتين سعتها (40μF) الهواء يملا الحيز بين صفيحتيها ، إذا أدخلت مادة عازلة بين صفيحتيها ازدادت سعتها بمقدار (70μF) فان ثابت عزل تلك المادة يساوي: (1.4 , 0.75 , 2.75 , 2.2).

الجواب هو 2.75

لان السعة قبل إدخال العازل (40μF) وبعد إدخال العازل ازدادت (70μF) وهذا يعني إن السعة بعد إدخال العازل أصبحت 110 μF

حيث أن قيمة k تستخرج من العلاقة:

$$K = \frac{Ck}{C} = \frac{110}{40} = 2.75$$

28-ما تأثير المجال الكهربائي المنتظم في المواد العازلة غير القطبية الموضوعة بين صفيحتي متسعة مشحونة؟

يعمل المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة على إزاحة مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة في الجزيئة الواحدة بإزاحة ضئيلة وهذا يعني أنها تكتسب بصورة مؤقتة عزوما كهربائية ثنائية القطب بطريقة الحث الكهربائي وبهذا يتحول الجزيء إلى دايبول كهربائي يصطف باتجاه المجال الكهربائي ويصبح العازل مستقطبا.

29/عرف قوة العزل الكهربائي؟

اقصى مقدار للمجال الكهربائي يمكن ان تتحمله المادة العازلة قبل حدوث الانهيار الكهربائي للعزل الذي يؤدي الى تلف المتسعة بسبب عبور شرارة كهربائية بين صفيحتي المتسعة حيث تتفرغ من شحنتها.

30/ ما لفرق بين العوازل القطبية و غير القطبية؟

العوازل القطبية	العوازل غير القطبية
تمتلك جزيئاته عزوما كهربائية ثنائية القطب دائميه في الحالة الطبيعية.	تمتلك جزيئاته عزوما كهربائية مؤقتة بطريقة الحث.
يكون البعد ثابت بين مركزي الشحنتين الموجبة و السالبة	البعد ليس ثابت بين مركزي الشحنتين الموجبة و الثابتة
من امثلتها الماء النقي	مثل الزجاج و البولي اثيلين
ان المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة يجعل معظم الدايبولات تصطف بموازاة خطوط المجال الكهربائي المؤثر حيث يتولد مجال كهربائي داخل العازل معاكس بالاتجاه للمجال الأصلي الخارجي المؤثر حيث يعمل على اضعافه. و بالتالي يقل مقدار فرق الجهد بنسبة ثابت العزل k وتزداد سعة المتسعة.	ان المجال الكهربائي يعمل على إزاحة مركزي الشحنة الموجبة و السالبة في الجزيئة الواحدة إزاحة ضئيلة فيتحول الجزيء الى دايبول يصطف بموازاة المجال الخارجي المؤثر و نتيجة لذلك تظهر شحنة سطحية على جانبي العازل فيتولد مجال كهربائي داخل العازل معاكس بالاتجاه للمجال الخارجي فيعمل على اضعافه.فيقل مقدار فرق الجهد بنسبة ثابت العزل k فتزداد سعة المتسعة .

31/ ما هي عملية شحن المتسعة وما هي عملية تفريغ المتسعة؟

(العمليتان متعاكستان) حيث ان عملية الشحن للمتسعة هي عملية نقل الطاقة كهربائية من المصدر الى المتسعة لتختزن في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة. اما عملية التفريغ فهي عملية تفريغ الشحنات الكهربائية من صفيحتي المتسعة عند وصلهما بموصل يؤدي الى تفريغ الشحنات حالا.

32. ماذا يحصل لمقدار المجال الكهربائي و الشحنة المختزنة بين صفيحتي متسعة متصلة بالمصدر فرق جهدها ثابت لو أبعدت صفيحتا المتسعة عن بعضهما قليلا؟

يقل مقدار المجال الكهربائي بزيادة البعد بين الصفيحتين بثبوت فرق الجهد لان العلاقة عكسية بينهما .

يقل مقدار الشحنة المختزنة بين الصفيحتين لان سعة المتسعة تقل بزيادة البعد d بين الصفيحتين فيقل مقدار الشحنة لان التناسب طردي بينهما.

---

33. كيف تفسر الزيادة الحاصلة في سعة المتسعة المشحونة و المفصولة عن المصدر بتقريب صفيحتيها من بعضها ؟

الشحنة تكون ثابتة لان المتسعة مشحونة و مفصولة عن المصدر و كذلك فان المساحة السطحية المتقابلة ثابتة لذلك فان كثافة الشحنة ثابتة و بما ان المجال الكهربائي يتناسب طرديا مع كثافة الشحنة حيث يكون المجال الكهربائي ثابتا فيقل فرق الجهد الكهربائي لانه يتناسب طرديا مع البعد d حسب العلاقة: ($\Delta V = E\ d$) فتزداد سعة المتسعة لأنها تتناسب عكسيا مع فرق الجهد الكهربائي حسب العلاقة: $C = Q/\Delta V$.

34- وضح كيف يستعمل جهاز تحفيز و تنظيم حركة عضلات القلب؟

يستعمل لنقل مقادير مختلفة و محددة من الطاقة الكهربائية الى المريض الذي يعاني من اضطرابات في حركة عضلات قلبه عندما يكون قلبه غير قادر على ضخ الدم الى الجسم فانه يحتاج الى استعمال صدمة كهربائية لتنشيط و تحفيز انتظام عضلة قلبه و هو جهاز علاجي لإعطاء صدمة كهربائية ذات مدة قصيرة و شدة عالية للمريض اذ يتم شحن متسعته لفرق جهد عال ثم تفريغ تلك المتسعة لمدة زمنية قصيرة جدا خلال القطب الذي يوضع على صدر المريض بحيث تحفز قلبه و تعيد انتظام عمله و تعتمد كمية الطاقة الكهربائية في المتسعة المشحونة و الموجودة في الجهاز و التي تتراوح طاقتها المخزونة بين (10J – 360J). على مفتاح الطاقة الموجود على واجهة الجهاز.

ملاحظات في حل مسائل المتسعات + مسائل وزارية

1- عند ربط متسعتين (توالي او توازي) فان المتسعة ذات السعة الأكبر تأخذ اكبر مقدار من الشحنة و المتسعة ذات السعة الأصغر تأخذ اقل مقدار من الشحنة.(التناسب طردي بين سعة المتسعة و الشحنة المختزنة فيها).

2- المتسعة ذات السعة الأكبر تأخذ اقل مقدار لفرق الجهد الكهربائي (التناسب عكسي بين سعة المتسعة و فرق الجهد بين صفيحتيها).

3- عند وضع مادة عازلة بين صفيحتي متسعة فانه يؤدي الى زيادة سعة المتسعة حيث تزداد شحنتها و يقل فرق جهدها.

4- اذا ذكر في السؤال ان المجموعة ما زالت مربوطة بالمصدر او البطارية فان مقدار فرق الجهد الكلي يثبت(قبل وضع العازل = بعد وضع العازل) و ليس فرق جهد أي من المتسعتين حيث ان المتسعة الأكبر تأخذ اقل مقدار لفرق الجهد اذا كان الربط توالي و اذا كان توازي فان فرق الجهد يبقى ثابت لكل متسعة و يساوي فرق الجهد الكلي.

5- اذا ذكر في السؤال ان المجموعة مفصولة عن المصدر فان مقدار الشحنة الكلية يثبت (قبل وضع العازل= بعد وضع العازل) و المتسعة ذات السعة الأكبر تأخذ اكبر مقدار من الشحنة اذا كان الربط توازي و اذا كان توالي فان شحنة كل متسعة تساوي الشحنة الكلية.

السؤال الثالث في مسائل الفصل الأول(يؤخذ كمثال)

متسعتان (C_1= 9μF , C_2 = 18μF) من ذوات الصفائح المتوازية مربوطتان مع بعضهما على التوالي ربطت مجموعتهما مع نضيدة فرق الجهد الكهربائي بين قطبيها (12 v) .

1-احسب مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة و الطاقة المختزنة فيها.

2-ادخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله (4) بين صفيحتي المتسعة C_1 (مع بقاء البطارية مربوطة بين طرفي المجموعة) فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة و الطاقة المختزنة فيها بعد إدخال العازل .

1-عزيزي الطالب كيف يمكنك معرفة نتائج الحل للسؤال بمجرد النظر الى السؤال و قبل البدء بالحل.

2- الهدف هو على الطالب ان يعرف صحة حله للمسائل اثناء الامتحان و قبل مغادرته القاعة الامتحانية.

الفيزياء للمرحلة الاعدادية

السؤال الثالث في مسائل الفصل الأول (يؤخذ كمثال)

الهدف هو ان يكون الطالب اثناء الحل في الامتحان الوزاري متأكدا من اجابته و هو يسير بالاتجاه الصحيح في حله.

1- بنظرة سريعة الى السؤال نلاحظ ان الربط توالي و هذا يعني ان فرق الجهد الكلي 12volt سوف يتوزع على المتسعتين أي ان مجموع فروق الجهد للمتسعة الأولى و الثانية يساوي 12 volt.

2- نلاحظ في السؤال ان سعة المتسعة الثانية هو اكبر من سعة المتسعة الأولى و هذا يعني ان السعة الأقل يكون فرق جهدها اكبر لان سعة المتسعة تتناسب عكسيا مع فرق الجهد.

3- من السؤال نلاحظ ان سعة المتسعة الثانية هو ضعف سعة المتسعة الأولى و هذا يعني ان فرق جهد المتسعة الثانية سيكون نصف فرق جهد المتسعة الأولى (التناسب عكسي بين السعة و فرق الجهد) لذا علينا ان نبحث عن مقدارين لفرق الجهد الكهربائي مجموعهما يساوي 12volt و يكون الأول ضعف الثاني (و هما العدد 8 و العدد 4) حيث تأخذ السعة الأكبر العدد 4 و السعة الأقل تأخذ العدد 8.

4- اما بعد وضع المادة العازلة سيثبت مقدار فرق الجهد الكهربائي و هو 12volt لان المجموعه متصله بالمصدر و ستصبح السعة الأولى ضعف السعة الثانية فيكون فرق جهد السعة الأولى هو 4volt و الثانية هو هو 8volt.

الفيزياء للمرحلة الاعدادية

(واجب) متسعتان (C_1 , C_2= 20μF) موصولتان على التوازي و كانت السعة المكافئة لهما 30μF و المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة C_1 5000 V/m و البعد بين صفيحتيها 0.4m احسب:

1- سعة المتسعة الأولى . 2- فرق جهد كل متسعة و فرق الجهد الكلي و الشحنة المختزنة في كل متسعة و الطاقة المختزنة في المجموعة؟

C_1= 10μF , ΔV_1= 20 volt , Q_1= 200μC , Q_2= 400μC , PE_T= 6 x 10^{-3}J

س1/ متسعتان ($C_1 = 3\mu F$, $C_2 = 6\mu F$) ربطتا على التوالي الى فرق جهد (6 volt) جد :

1- فرق جهد كل متسعة .
2- ادخل لوح عازل كهربائي للمتسعة الأولى و ما زالت متصلة بالمصدر فكانت شحنة المجموعة (18 μC) . جد مقدار ثابت العزل و فرق جهد كل متسعة.

$$1\text{-}C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1+C_2} = \frac{3 \,x\, 6}{3+6} = \frac{18}{9} = 2\mu F$$

$$Q_{total} = C_{eq}\ x\ \Delta V = 2\ x\ 6 = 12\ \mu C = Q_1 = Q_2$$ لان الربط توالي

$$\therefore\ \Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{12}{3} = 4volt \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{12}{6} = 2\ volt$$

2- ان مقدار فرق الجهد الكلي يبقى ثابتا بعد ادخال العازل لان المجموعة ما زالت متصلة بالمصدر و ان المتسعة التي ادخال عليها العازل سوف تأخذ اقل مقدار لفرق الجهد و ذلك لزيادة سعتها

$$C_{eqk} = \frac{Q_{total\ k}}{\Delta V} = \frac{18}{6} = 3\ \mu F$$

$$\frac{1}{C_{eqk}} = \frac{1}{C_{1k}} + \frac{1}{C_2} \quad \rightarrow \frac{1}{3} = \frac{1}{C_{1k}} + \frac{1}{6} \quad \rightarrow\ C_{1k} = 6\mu F$$

$$K = \frac{C_{1k}}{C_1} = \frac{6}{3} = 2$$

$$\therefore\ \Delta V_{1k} = \frac{Q}{C_1} = \frac{18}{6} = 3volt \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{18}{6} = 3\ volt$$

س2/ متسعة سعتها 2μF و البعد بين لوحيها 0.01mm شحنت بمصدر فرق جهده 30 volt

احسب 1- شحنة المتسعة و مقدار المجال الكهربائي E.

2-اذا فصلت المتسعة عن المصدر و ادخل عازل بين صفيحتيها أصبحت الطاقة المختزنة بين صفيحتيها $3x10^{-4}$J . احسب فرق الجهد بعد وضع العازل و ثابت العزل K.

الحل:

$$1\text{- } Q = C\ x\ \Delta V = 2x30 = 60\mu C$$

ان البعد d مقاس بالملمتر نحوله الى المتر $d=0.1\ x\ 10^{-3}\ m = 10^{-4}m$

$$E = \frac{30}{10^{-4}} = 3\ x\ 10^{-5} V/m$$

$2\text{- } Q_k = Q = 60\mu C$ لان المتسعة مفصولة عن المصدر

$$PE_k = \frac{1}{2}\ Q\ \Delta V_k$$

$$3\ x\ 10^{-4} = 1/2\ \ x\ 60\ x\ 10^{-6}\ x\ \Delta V_k$$

$$\Delta V_k = 10\ volt$$

$$K = \frac{\Delta V}{\Delta V_k} = \frac{30}{10} = 3$$

س2/ متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين سعة الأولى 120 μF و سعة الثانية 30μF مربوطتان على التوالي ، و مجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية فرق جهدها 20 volt فاذا فصلت المجموعة عن البطارية و ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها 2 بين صفيحتي المتسعة الثانية ، احسب: مقدار فرق جهد و الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة بعد ادخال العازل.

توضيح

1- نلاحظ ان الربط توالي بين المتسعتين و هذا يعني ان السعة المكافئة تكون اقل من اقل سعة في المجموعة و يكون مقدار الشحنة نفسه لكل متسعة و يساوي الشحنة الكلية قبل وضع العازل.
2- بعد وضع العازل يكون مقدار الشحنة نفسه قبل العازل) لان المجموعة المتوالية الربط مفصولة عن المصدر حيث يثبت مقدار الشحنة و يقل مقدار فرق الجهد و ذلك لان وضع العازل يؤدي الى زيادة سعة المتسعة (التناسب عكسي بين السعة و فرق الجهد).
3- يقل مقدار الطاقة المختزنة بين صفيحتي المتسعة بعد وضع العازل و ذلك لنقصان فرق الجهد و ثبوت الشحنة.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \rightarrow \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{120} + \frac{1}{30} \quad \rightarrow C_{eq} = 24\mu F$$

$$Q_{total} = C_{eq}\ x\ \Delta V = 24\ x\ 20 = 480\mu C = Q_1 = Q_2 = Q_k$$

لان الربط توالي و لان المجموعة مفصولة عن المصدر

$$C_{2k} = kC_2 = 2\text{ x }30 = 60\mu F$$

$$\frac{1}{C_{eqk}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{2k}} \quad \rightarrow \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{120} + \frac{1}{60} \quad \rightarrow C_{eqk} = 40\mu F$$

$$\Delta V_{total} = \frac{Q}{C_{eqk}} = \frac{480}{40} = 12\ volt$$

$$\therefore\ \Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{480}{120} = 4\ volt \quad , \quad \Delta V_{2k} = \frac{Q}{C_2} = \frac{480}{60} = 8\ volt$$

الطاقة المختزنة بين صفيحتي المتسعة تقاس بالجول عندما الشحنة تقاس بالكولوم لذا نحول الشحنة الى الكولوم عند حساب الطاقة $(x\ 10^{-6}C)$

$$PE_1 = \frac{1}{2}\Delta V_1\ x\ Q_1 = \frac{1}{2}\ 4\ x\ 480\ x\ 10^{-6} = 960J$$

$$PE_2 = \frac{1}{2}\Delta V_2\ x\ Q_2 = \frac{1}{2}\ 8\ x\ 480\ x\ 10^{-6} = 1920J$$

س4/ متسعتان سعة الأولى 4μF و سعة الثانية 8μF مربوطتان مع بعضهما على التوازي فاذا شحنت مجموعتهما بشحنة كلية مقدارها 600μC بوساطة مصدر للفولطية المستمرة ثم فصلت عنه. احسب :

1- لكل متسعة مقدار شحنتها .
2- ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزله K بين صفيحتي المتسعة الثانية فأصبحت شحنتها 480 μC فما مقدار ثابت العزل .

1- نلاحظ ان الربط توازي حيث يكون فرق الجهد متساوي في المتسعة الأولى و الثانية و يساوي فرق الجهد الكلي.
2- نلاحظ ان سعة المتسعة الثانية ضعف سعة المتسعة الأولى و هذا يعني ان شحنة المتسعة الثانية ستكون ضعف شحنة المتسعة الأولى.($Q_1=200$, $Q_2=400$).
3- بعد وضع العازل في المتسعة الثانية سوف تزداد سعتها و بذلك تزداد شحنتها حيث ان الزيادة في الشحنة سيكون مصدره الشحنة في المتسعة الأولى لان الشحنة الكلية ثابته بعد وضع العازل لان المجموعة مفصولة عن المصدر (مقدار الزيادة في الشحنة للمتسعة الثانية يساوي مقدار النقصان في شحنة المتسعة الأولى).
4- بعد وضع العازل سيقل فرق الجهد الكهربائي و لان الربط توازي سيكون هو نفسه في كل متسعة و يساوي فرق الجهد الكلي بعد وضع العازل.
5- الان اصبح لدينا فرق جهد ثابت و شحنة المتسعة الثانية بعد وضع العازل من السؤال نستخرج سعة المتسعة الثانية بعد العازل ثم نستخرج ثابت العزل. (اذا طلب مقدار الطاقة فإنها ستقل بعد وضع العازل لان الجهد قل)

قبل العازل

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 4 + 8 = 12\mu F$$

لان الربط توازي
$$\Delta V_{total} = \frac{Q_{total}}{C_{eq}} = \frac{600}{12} = 50\ volt = \Delta V_1 = \Delta V_2$$

$$Q_1 = C_1\ x\ \Delta V = 4\ x\ 50 = 200\mu C\ \ ,\ Q_2 = C_2\ x\ \Delta V = 8\ x\ 50 = 400\mu C$$

بعد العازل أصبحت $Q_2=480\ \mu C$ (بقاء الشحنة الكلية ثابته بعد و قبل العازل $Q_{total}=Q_{total\ K}$

مقدار الشحنة الأولى بعد العازل
$$Q_{total} = Q_{1k} + Q_{2k} \rightarrow 600 = Q_{1k} + 480\ \ ,Q_{1k} = 120\mu C$$

لان الربط توازي
$$\Delta V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{120}{4} = 30\ volt = \Delta V_2 = \Delta V_{total\ K}$$

$$C_{2k} = \frac{Q_{2k}}{\Delta V} = \frac{480}{30} = 16\ \mu F$$

$$K = \frac{C_{2k}}{C_2} = \frac{16}{8} = 2$$

س5/ متسعة سعتها $15\ \mu F$ مشحونة بفرق جهد $300\ volt$ ربطت على التوازي مع متسعة أخرى غير مشحونة فاصبح فرق جهد المجموعة $100\ volt$. احسب:1- مقدار سعة المتسعة الثانية. 2- شحنة كل متسعة بعد الربط.
3- ادخل لوح عازل بين صفيحتي المتسعة الأولى فاصبح فرق جهد المجموعة $75\ volt$. احسب ثابت العزل.

1- قبل ربط المتسعة الثانية يكون سعة المتسعة الأولى هي سعة مكافئة و شحنتها هي شحنة كلية و فرق جهدها هو الكلي .
2- ان ربط المتسعة الثانية غير المشحونة يعني زيادة سعة المتسعة و التي تؤدي الى نقصان فرق الجهد الكلي (الربط توازي).
3- ان الشحنة الكلية تبقى ثابتة و ان المتسعة الثانية تشحن من شحنة المتسعة الأولى (المتسعة الأولى تكون مصدر للمتسعة الثانية).
4- بعد وضع المادة العازلة سوف تزداد السعة المكافئة للمتسعتين و يقل مقدار فرق الجهد و تتوزع الشحنات حسب سعة كل متسعة.

1- قبل ربط المتسعة الثانية

$$Q_1 = C_1\ x\ \Delta V = 15\ x\ 300 = 4500\mu C = Q_{total}$$

2- بعد ربط المتسعة الثانية ازدادت سعة المتسعة و قل فرق الجهد الى 100 volt مع ثبوت الشحنة

$$C_{eq} = \frac{Q_{total}}{\Delta V} = \frac{4500}{100} = 45\ \mu F$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2 \rightarrow 45 = 15 + C_2 \rightarrow C_2 = 30\mu F$$

$$Q_1 = C_1\ x\ \Delta V = 15\ x\ 100 = 1500\mu C$$

$$Q_1 = C_2\ x\ \Delta V = 30\ x\ 100 = 3000\mu C$$

3- بعد وضع المادة العازلة سوف تزداد سعة المتسعة و يهبط فرق الجهد الى 75 و الشحنة ثابته:

$$C_{eqk} = \frac{Q_{total}}{\Delta V} = \frac{4500}{75} = 60\ \mu F$$

$$C_{eqk} = C_{1k} + C_2 \rightarrow\ \ 60 = C_{1k} + 30 \rightarrow\ \ C_{1k} = 30\mu F$$

$$K = \frac{C_{1k}}{C_1} = \frac{30}{15} = 2$$

(واجب) ربطت المتسعتان ($C_1 = 14\mu F$, $C_2 = 16\mu F$) على التوازي ثم ربطت مجموعتهما الى مصدر فرق جهده 5 volt . احسب : 1- الشحنة الكلية و شحنة كل متسعة من المتسعات.

2- اذا ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (K) بين صفيحتي المتسعة الثانية و المجموعة ما زالت متصلة بالمصدر فازدادت الشحنة في المجموعة الى 390μC فما مقدار ثابت العزل؟ و ما شحنة كل متسعة بعد العازل؟

$Q_1 = 70\mu F$, $Q_2 = 80\mu C$, $K = 4$, $Q_{2k} = 320\mu C$

(واجب) متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1 = 6\mu F$, $C_2 = 3\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوالي و مجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها 12 volt احسب مقدار :

1- فرق جهد صفيحتي كل متسعة . 2- ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزله k بين صفيحتي المتسعة الثانية (مع بقاء البطارية مربوطة بين طرفي المجموعة) فازدادت الشحنة الكلية الى 48 μC فما مقدار ثابت العزل و فرق جهد كل متسعة بعد العازل؟

$\Delta V_1 = 4$, $\Delta V = 8$, $k = 4$, $\Delta V_{1k} = 4$, $\Delta V_{2k} = 8$

س6/ متسعتان $C_1 = 4\mu F$ ، $C_2 = 8\mu F$ موصولتان على التوازي فاذا شحنت مجموعتهما بشحنة كلية مقدارها 600μC بوساطة مصدر للفولطية المستمرة ثم فصلت عنه ، احسب1- الشحنة المختزنة على أي من صفيحتي كل متسعة.

2- ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها K بين صفيحتي المتسعة الثانية فأصبحت شحنتها 480 μC ، فما مقدار ثابت العزل.

توضيح :

1- من المتسعة الأولى و الثانية نستخرج السعة المكافئة و بوجود الشحنة الكلية نستخرج فرق الجهد الثابت لان الربط توازي قبل العازل.
2- من فرق الجهد الثابت و سعة كل متسعة نستطيع إيجاد شحنة كل متسعة قبل وضع العازل .
3- ان مقدار الشحنة الكلية يكون ثابتا قبل وضع العازل و بعد وضع العازل لان المجموعة فصلت عن المصدر.
4- بعد وضع العازل سوف يقل مقدار فرق الجهد الكهربائي و تزداد سعة المتسعة و تزداد شحنة المتسعة الثانيه .
5- ان مقدار الزيادة في شحنة المتسعة الثانية بعد وضع العزل مصدره المتسعة الأولى حيث تنقص شحنة المتسعة الأولى و ان مقدار الزيادة في شحنة المتسعة الثانية يساوي مقدار النقصان في شحنة المتسعة الأولى .
6- من مقدار الشحنة الأولى بعد وضع العازل و سعة المتسعة الأولى نجد فرق الجهد الجديد بعد العازل و هو ثابت.
7- من فرق الجهد الجديد و الشحنة بعد العازل نجد سعة المتسعة الثانية بعد العازل و نقسمها على نفس السعة قبل العازل فنجد قيمة ثابت العزل.

1- قبل وضع العازل

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 4 + 8 = 12\mu F$$

$$\Delta V = \frac{Q_{total}}{C_{eq}} = \frac{600}{12} = 50\ Volt \quad , Q_1 = C_1\ x\ \Delta V = 4\ x\ 50 = 200\mu C$$

$$Q_2 = C_2\ x\ \Delta V = 8\ x\ 50 = 400\mu C$$

2- بعد وضع العازل

$$Q_{total} = Q_1 + Q_{2k} \rightarrow 600 = Q_1 + 480 \rightarrow Q_1 = 120\mu C$$

$$\Delta V_k = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{120}{4} = 30\ Volt$$

$$C_{2k} = \frac{Q_{2k}}{\Delta V_k} = \frac{480}{30} = 16\ \mu F$$

$$K = \frac{C_{2k}}{C_2} = \frac{16}{8} = 2$$

س7/ متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين سعة الأولى $6\mu F$ و سعة الثانية $12\mu F$ مربوطتان مع بعضهما على التوالي ، ربطت مجموعتهما بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها 12 volt ،و كان الهواء عازلا بين صفيحتي كل منهما، اذا ادخل بين صفيحتي كل منهما لوح من مادة عازلة ثابت عزلها $k=3$ يملأ الحيز بينهما (و مازالت متصلة بالبطارية) جد مقدار:

1- فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة بعد ادخال العازل.
2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل منهما بعد ادخال العازل.

الحــــــــــــل :

$$C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1+C_2} = \frac{12\ x\ 6}{12+6} = 4\mu F$$

$$Q_{total} = C_{eq} x \Delta V_{total} = 4\ x\ 12 = 48\ \mu = Q_1 = Q_2$$ قبل العازل(الربط توالي)

$$C_{1k} = k\ C_1 = 3\ x\ 6 = 18\mu F\ ,\quad C_{2k} = k\ C_2 = 3\ x\ 12 = 36\mu F$$

$$C_{eqk} = \frac{C_1 C_2}{C_1+C_2} = \frac{18\ x\ 36}{18+36} = 12\mu F$$ بعد العازل

فرق الجهد قبل العازل يساوي فرق الجهد بعد العازل لان المجموعه متصلة بالبطارية و يساوي 12

$$Q_{totalk} = C_{eqk}\ x\ \Delta V = 12\ x\ 12 = 144\mu C = Q_{1k} = Q_{2k}$$ (الربط توالي)

$$\Delta V_1 = \frac{Q_{1k}}{C_{1k}} = \frac{144}{18} = 8volt\ ,\Delta V_1 = \frac{Q_{2k}}{C_{2k}} = \frac{144}{36} = 4volt$$

(واجب) متسعتان الأولى C_1 و سعة الثانية 18μF مربوطتان على التوالي و موصولتان الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها 12volt وضع عازل بين صفيحتي المتسعة الأولى فازدادت سعتها بمقدار 27 μF و أصبحت الشحنة الكلية بعد وضع العازل 144 μC:

جد : 1- سعة المتسعة الأولى قبل العازل . 2- ثابت العزل . 3- فرق جهد كل متسعة بعد العازل.

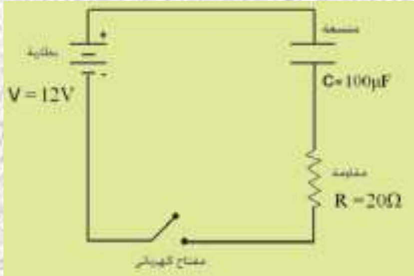
$C_1= 9\ ,\ k= 4\ ,\ \Delta V_{k1}= 4\ ,\ \Delta V2 = 8$

(واجب) متسعة سعتها 8μF و فرق الجهد بين صفيحتيها 30 volt وصلت على التوازي مع متسعة أخرى سعتها 4μF غير مشحونة فما مقدار فرق جهد كل متسعة بعد التوصيل . و اذا ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزله k بين صفيحتي المتسعة الثانية هبط فرق جهد المجموعة الى 12 volt احسب ثابت العزل الكهربائي و الشحنة المختزنة على أي من صفيحتي كل متسعة.

$\Delta V = 20\ volt\ ,\ k = 3\ ,\ Q_1= 96\ ,\ Q_{2k}= 144$

مسائل الفصل الأول

س1/ من المعلومات الموضحة في الدائرة الكهربائية في الشكل (40) احسب :



a : المقدار الأعظم لتيار الشحن ، لحظة غلق الدائرة.

b : مقدار فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد مدة من إغلاق المفتاح(بعد اكتمال عملية الشحن).

C : الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي المتسعة.

D : الطاقة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة.

الحل:

a لحظة إغلاق المفتاح تكون المتسعة غير مشحونة لذا ينساب تيار لحظي في الدائرة(راجع موضوع شحن المتسعة) لذا فان:

$$I = \frac{V\,battery}{R} = \frac{12}{20} = 0.6\ A$$

b : بعد اكتمال عملية الشحن يصبح فرق الجهد عبر المقاومة يساوي صفر بسبب توقف التيار(تعمل المتسعة عمل مفتاح مفتوح) حيث يكون فرق الجهد الكلي مساويا إلى فرق جهد المتسعة

$$\Delta V_c = \Delta V_{battery} = 12volt$$

: C

نحول الوحدات و كما يأتي:

$1\ F = 10^{6}\ \mu F$

$1\ \mu F = 10^{-6}\ F$

$$Q = C\ \Delta V_c = 100\ \mu F \times 12\ v = 100 \times 10^{-6} \times 12 = 1200 \times 10^{-6}\ coulomb$$

: D

$$P.E = \tfrac{1}{2}\ C\ (\Delta V_c)^2 = \tfrac{1}{2} \times 100 \times 10^{-6} \times (12)^2 = 7.2 \times 10^{-3}\ J$$

س2/ متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها (4μF) ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها (20 v) :

1 – ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة.

2 – إذا فصلت المتسعة عن البطارية و ادخل لوح عازل كهربائي بين صفيحتيها هبط فرق الجهد بين صفيحتيها إلى (10V) فما مقدار ثابت العزل للوح العازل ؟ و ما مقدار سعة المتسعة و العازل بين صفيحتيها؟

الحـــــــــــــــــــــل:

1- $Q = C \times \Delta V_c = 4 \times 10^{-6} \times 20 = 80 \times 10^{-6}\ coulomb$

2 –

$$K = \frac{\Delta V k}{\Delta V} = \frac{20}{10} = 2$$

$$C_k = K\ C = 2 \times 4 = 8\ \mu F$$

طريقة ثانية للحل: إذا كانت المتسعة مفصولة عن المصدر فان الشحنة تبقى ثابتة و فرق الجهد يقل حيث ان :

$Q_k = Q$

$C_k = Q_k / \Delta V_k = 80 \times 10^{-6}\ coulomb / 10\ volt = 8 \times 10^{-6}\ F = 8\ \mu F$

س3/ متسعتان (C_1= 9μF , C_2 = 18μF) من ذوات الصفائح المتوازية مربوطتان مع بعضهما على التوالي ربطت مجموعتهما مع نضيدة فرق الجهد الكهربائي بين قطبيها (12 v) .

1-احسب مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة و الطاقة المختزنة فيها.

2-ادخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله (4) بين صفيحتي المتسعة C_1 (مع بقاء البطارية مربوطة بين طرفي المجموعة) فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة و الطاقة المختزنة فيها بعد إدخال العازل .

الحـــــــــــــــــــــل:

1-نحسب السعة المكافئة للمجموعة المتوالية الربط و لدينا فرق جهد كلي معطى في السؤال نستخرج الشحنة الكلية التي تكون ثابتة اي نفسها في المتسعتين لان الربط توالي فتوفر لدينا شحنة كل متسعة و لدينا سعة كل متسعة في السؤال فنستخرج فرق الجهد لكل متسعة وكما يأتي:

$$\frac{1}{Ceq} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} = \frac{1}{Ceq} = \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{1}{6} \longrightarrow C_{eq} = 6\ \mu F$$

$Q_{total} = C_{eq} \times \Delta V_{total} = 6 \times 12 = 72\ \mu coul = Q_1 = Q_2$ (لان الربط توالي)

لاحظ ان: $\Delta V_{total} = \Delta V_1 + \Delta V_2 = 8+4=12\ v$

$$\Delta V_1 = \frac{Q1}{C1} = \frac{72}{9} = 8\ v \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q2}{C2} = \frac{72}{18} = 4\ v$$

$$P.E_1 = 1/2\ C_1 \times \Delta V_1^2 = 1/2 \times 9 \times 10^{-6} \times 8^2 = 288 \times 10^{-6}\ J$$

$$P.E_2 = 1/2\ C_2 \times \Delta V_2^2 = 1/2 \times 18 \times 10^{-6} \times 4^2 = 144 \times 10^{-6}\ J$$

-2 بعد إدخال العازل بين صفيحتي المتسعة الأولى تكون قيمة المتسعة حسب العلاقة:

$$C_{1k} = k\ C_1 = 4 \times 9 = 36\ \mu F$$

حيث نضرب مقدار السعة الأولى في ثابت العزل k ثم نكمل نفس خطوات الحل السابقة.

س4/ متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين (C_1= 16μF , C_2=24μF) مربوطتان مع بعضهما توازي ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها (48v) إذا ادخل لوحا من مادة عازلة ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الأولى وما زالت المجموعة متصلة بالبطارية فإذا كانت الشحنة الكلية (3456μc0ul) فما مقدار: ثابت العزل k . 2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة قبل وبعد إدخال العازل.

الحـــــــــــــــــــــل

1- من السعة الأولى و الثانية نستخرج مقدار السعة المكافئة قبل وضع العازل.

2- فرق الجهد الكلي هو نفسه قبل وضع العازل و بعد وضع العازل لان المجموعة مربوطة بالمصدر و هو نفسه في كل متسعة لان الربط توازي.

3- من فرق الجهد الكلي و الشحنة الكلية بعد وضع العازل نستخرج السعة المكافئة بعد وضع العازل منها نستخرج مقدار السعة الأولى بعد وضع العازل.

4- الآن أصبح لدينا سعة أولى قبل وضع العازل و سعة أولى بعد وضع العازل حيث نستخرج قيمة ثابت العزل k.

$$1-\ C_{eq} = C_1 + C_2 = 16+24 = 40\mu F$$

$$C_{eq} = \frac{Qtotal}{\Delta Vtotal} = \frac{3456}{48} = 72\mu F$$

$$C_{eq} = C_{1k} + C_2$$

$$72 = C_{1k} + 24 \longrightarrow C_{1k} = 48\mu F$$

$$K = \frac{C1k}{C1} = \frac{48}{16} = 3$$

$2-\Delta V_{total} = \Delta V_1 = \Delta V_2 = 48\ V$ (الربط توازي)

$$Q_1 = C_1\ \Delta V_1 = 16 \times 48 = 768\ \mu coul$$

$$Q_2 = C_2\ \Delta V_2 = 24 \times 48 = 1152\ \mu coul$$

إن مقدار الشحنة الثانية بعد وضع العازل هو نفس مقدار الشحنة الثانية بعد وضع العازل أما الشحنة الأولى بعد وضع العازل هي :

$$Q_{1k} = C_{1k}\ \Delta V_1 = 48 \times 48 = 2304\ \mu coul$$

او نستطيع إيجاد مقدار الشحنة الاولى بعد وضع العازل وبما إن الربط توازي فان: $Q_{total} = Q_{1k} + Q_2$

$3456 = Q_{1k} + 1152 \quad , \quad Q_{1k} = 3456 - 1152 = 2304\ \mu coul$

س5/ متسعتان ($C_1 = 4\mu F$, $C_2 = 8\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي فإذا شحنت مجموعتهما بشحنة كلية (600μcoul) بوساطة مصدر للفولطية المستمرة ثم فصلت عنه.
أ – احسب لكل متسعة مقدار شحنتها وفرق الجهد بين صفيحتيها والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها.
ب – ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (2) بين صفيحتي المتسعة الثانية فما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة وفرق الجهد والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة بعد ادخال العازل.

الحـــــــــــــــــــــــــــل

أ- نستخرج السعة المكافئة و لدينا في السؤال شحنة كلية فنستخرج فرق الجهد الكلي و هو نفسه في كل متسعة لان الربط توازي و بالتالي نستطيع معرفة شحنة كل متسعة و طاقتها و كما يأتي:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 4+8 = 12\ \mu F$$

$$\Delta V_{total} = \frac{Qtotal}{Ceq} = \frac{600}{12} = 50V = \Delta V_1 = \Delta V_2$$

$$Q_1 = \Delta V_1 \times C_1 = 50 \times 4 = 200\ \mu F \quad , \quad Q_2 = \Delta V_2 \times C_2 = 50 \times 8 = 400\ \mu F$$

$$P.E_1 = \tfrac{1}{2} C_1 \times (\Delta V_1)^2 = \tfrac{1}{2} \times 4 \times 10^{-6} \times (50)^2 = 5\times10^{-3} J$$

$$P.E_2 = \tfrac{1}{2} C_2 \times (\Delta V_2)^2 = \tfrac{1}{2} \times 8 \times 10^{-6} \times (50)^2 = 10\times10^{-3} J$$

ب- بعد ادخال العازل بين صفيحتي المتسعة الثانية سوف تزيد سعتها k من المرات و بعدها نستخرج السعة المكافئة بعد وضع العازل كما ان الشحنة قبل وضع العازل هي نفسها بعد وضع العازل لان المجموعة فصلت عن المصدر($Q_k = Q$) فنستخرج فرق الجهد بعد وضع العازل و هو نفسه في كل متسعة لان الربط توازي ثم نستخرج شحنة كل متسعة بعد وضع العازل و كما يأتي:

$C_{2k} = k\ C_2 = 2 \times 8 = 16\mu F$ (السعة بعد ادخال العازل)

$C_{eq} = C_1 + C_{2k} = 4+16 = 20\mu F$ (السعة المكافئة بعد ادخال العازل)

$Q_{total\ k} = Q_{total}$ 600μcoul (الشحنة الكلية قبل ادخال العازل = الشحنة الكلية بعد ادخال العازل لان المجموعة مفصولة عن المصدر)

$\Delta V_{total} = \frac{Qtotal}{Ceq} = \frac{600}{20} = 30V = \Delta V_1 = \Delta V_2$ (الربط توازي)

$$Q_1 = \Delta V_1 \times C_1 = 30 \times 4 = 120\mu F \quad , \quad Q_2 = \Delta V_2 \times C_{2k} = 30 \times 16 = 480\mu F$$

$$P.E_1 = \tfrac{1}{2} C_1 \times (\Delta V_1)^2 = \tfrac{1}{2} \times 4 \times 10^{-6} \times (30)^2 = 1.8\times10^{-3} J$$

$$P.E_2 = \tfrac{1}{2} C_{2k} \times (\Delta V_2)^2 = \tfrac{1}{2} \times 16 \times 10^{-6} \times (30)^2 = 7.2\times10^{-3} J$$

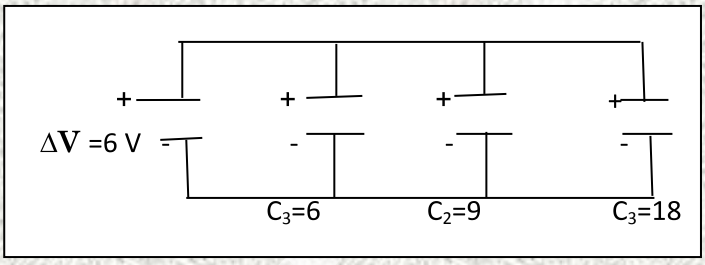
س6/ لديك ثلاث متسعات سعاتها $(C_1= 6\mu F , C_2 = 9\mu F , C_3 = 18\mu F)$ و مصدر للفولطية فرق الجهد بين طرفيه (6V) .
وضح مع رسم المخططات للدائرة الكهربائية كيفية ربط المتسعات الثلاث مع بعضها للحصول على:

1 – أكبر مقدار للسعة المكافئة وما مقدار الشحنة المختزنة في كل متسعة ومقدار الشحنة المختزنة في المجموعة.

2-أصغر مقدار للسعة المكافئة وما مقدار الشحنة المختزنة في كل متسعة ومقدار الشحنة المختزنة في المجموعة.

الحـــــــــــــــــــــــــــــــــل

أ-للحصول على أكبر مقدار للسعة المكافئة (أكبر من أكبر سعة في المجموعة) نربط المتسعات على التوازي حيث تزداد المساحة السطحية المتقابلة وكما يأتي:



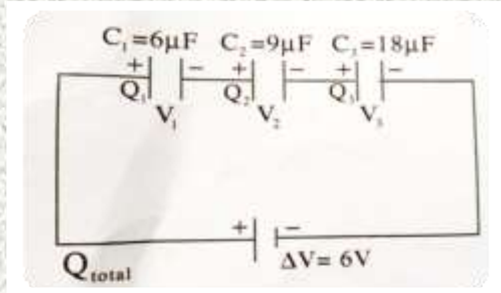
$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 = 6+9+18= 33\ \mu F$

$\Delta V_{total} =\Delta V_1 =\Delta V_2 = 6\ V$ (الربط توازي)

$Q_{total} = Q_1 + Q_2 +Q_3 = 36 +54 + 108 = 198\ \mu coul$ او $Q_{total} = C_{eq}\ \Delta V_{total} = 33 \times 6 = 198\ \mu coul$

ب – للحصول على أصغر مقدار للسعة (أصغر من أصغر سعة في المجموعة) نربط المتسعات على التوالي حيث يزداد البعد بين الصفيحتين وكما يأتي:

$$\frac{1}{Ceq} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = 3\mu F$$



$Q_{total} = C_{eq}\ \Delta V_{total} = 3 \times 6 = 18\ \mu coul = Q_1=Q_2=Q_3$ (لان الربط توالي)

$\Delta V_1= 3V , \Delta V_2= 2V , \Delta V_3 =1\ V$

مسائل إضافية

واجبات

س1/متسعة سعتها 4μF و فرق جهدها 200V وصلت على التوازي مع متسعة أخرى غير مشحونة سعتها 6μF جد فرق جهد و شحنة كل متسعة بعد التوصيل و عند وضع مادة عازلة بين صفيحتي المتسعة الثانية بدل الفراغ أصبحت شحنتها 600μC جد ثابت العزل؟

(ΔV=80 volt) , (Q_1=320μC) , (Q_2= 480 μC) , (k=2)

س2/ دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي على مصباح مقاومته r=10Ω و مقاومة مقدارها R=30Ω و بطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيها $\Delta V_{battery}$ =12 volt ربطت في الدائرة متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها 20μF . ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة و الطاقة الكهربائية المختزنة في مجالها الكهربائي لو ربطت المتسعة :

1- على التوازي مع مصباح. 2- على التوالي مع المصباح و المقاومة و البطارية في الدائرة نفسها (بعد فصل المتسعة عن الدائرة الأولى و إفراغها من جميع شحنتها).

(Q=60μC) , (PE=9 x 10^{-5}J) , (Q=240μC) , (PE = 144 x 10^{-5})

س3/ربطت المتسعتان (C_1 = 5μF , C_2 = 7μF) على التوازي ثم ربطت مجموعتهما على التوالي مع متسعة ثالثة سعتها (4μF) ثم شحنت المجموعة النهائية بمصدر فرق الجهد بين قطبية (60volt) فما شحنة و فرق الجهد كل متسعة و ما المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الثالثة إذا كان البعد بين صفيحتيها (0.5cm).

(Q_1=75μC) , (Q_2=105μC) , (Q_3=180μC) , (ΔV_{12}= 15 volt) , (ΔV_3 = 45 volt) , (E=9000 v/m)

س4/متسعة سعتها (15μF) مشحونة بفرق جهد (300v) ربطت على التوازي مع متسعة أخرى غير مشحونة فأصبح فرق الجهد على طرفي المجموعة (100 volt) احسب:

1- سعة المتسعة الثانية . 2- شحنة كل متسعة بعد الربط. 3- إذا وضع بين صفيحتي المتسعة الأولى مادة عازلة أصبح فرق جهد المجموعة (75volt) جد ثابت عزل تلك المادة؟

(C_2=30μF) , (Q_1=1500μC) , (Q_2=3000μC) , (k=2)

س5/ متسعة سعتها 2μF مشحونة بفرق جهد 50 volt وصلت على التوازي مع متسعة أخرى سعتها 8μF غير مشحونة ما مقدار فرق جهد و شحنة كل متسعة بعد التوصيل و إذا وضع بين صفيحتي المتسعة الأولى مادة عازلة ثابت عزلها 6 فما فرق الجهد و الشحنة لكل متسعة.

(ΔV=10 volt) , (Q_1= 20μC) , (Q_2=80 μC) , (ΔV_k=5 volt)

س6/المتسعة 2μF يفصل بين صفيحتيها الهواء وضعت مادة عازلة بين صفيحتيها ثم وصلت على التوازي بالمتسعة 3μF ثم شحنت المجموعة فكانت الشحنة الكلية (1800 μC) و فرق الجهد بين طرفي المجموعة 120 volt ما مقدار:

1- ثابت عزل المادة العازلة . 2- الشحنة المختزنة على أي من صفيحتي كل متسعة .

(k=6) , (Q_{1k}=1440μC) , (Q_2=360μC)

س7/ متسعتان (8μF , 4μF) وصلتا مع بعضهما ثم وصلتا الى بطارية فكانت الطاقة المختزنة في الأولى 64 x 10^{-6} J و الطاقة المختزنة في الثانية 32 x 10^{-6}J احسب :

1- فرق الجهد للبطارية و لكل متسعة

2- شحنة كل متسعة و الشحنة الكلية

(ΔV=4 volt) , (Q_1=32μC) , (Q_2=16μC) , (Q_{total}= 48 μC)

الفصل الثاني :الحث الكهرومغناطيسي

ان الفائدة العملية من المغناطيس الكهربائي هي رفع القطع الحديدية الثقيلة و كذلك يمكن استخدامه في اغلب الأجهزة الكهربائية مثل المسجل الصوتي و الصوري و القيثارة و أجهزة الحاسوب و المولدات و المحركات و غيرها من الأجهزة.
تتولد المجالات المغناطيسية حول الشحنات الكهربائية المتحركة و حول المغانط الدائمة.
ان عدد خطوط القوة المغناطيسية التي تخترق مساحة معينة تسمى الفيض المغناطيسي و يرمز له Φ_B و يقاس بوحدة weber و يعطى بالعلاقة الآتية: $\Phi_B = B.A = wb$
حيث ان B كثافة الفيض المغناطيسي و تقاس بوحدة $Tesla = wb/m^2$ (وزاري) A : المساحة و تقاس بالمتر المربع m^2
ان كلمة كهرومغناطيسية تعني وجود مجالين الأول هو مجال كهربائي تخرج خطوطه من الشحنة الموجبه الى الشحنة السالبة و مجال مغناطيسي تخرج خطوطه من القطب الشمالي الى القطب الجنوبي. حيث يؤثر هذين المجالين كلا على حدة او مع بعضهما على جسيم مشحون حين يتحرك في داخل المجالين و كما يأتي:

1 - تأثير المجال الكهربائي على جسيم مشحون بشحنة موجبه(وزاري):

عندما يسقط الجسيم عموديا على المجال الكهربائي منتظم فانه يتأثر بقوة كهربائية F_E حيث يكون اتجاه هذه القوة موازيا لاتجاه خطوط المجال الكهربائي E و تعطى هذه القوة بالعلاقة : $F_E=qE$. و تقاس بوحدة نيوتن N عندما تكون الشحنة بالكولوم C.

2- تأثير المجال المغناطيسي على جسيم مشحون بشحنة موجبة(وزاري):

اذا تحرك الجسيم بسرعة υ باتجاه عمودي على خطوط مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه B فانه يتأثر بقوة مغناطيسية F_B بمستوى عمودي على ذلك الفيض و سينحرف الجسيم عن مساره الأصلي و يتخذ مسارا دائريا لان القوة المغناطيسية تؤثر باتجاه عمودي على متجه السرعة υ و تعطى القوة المغناطيسية بالعلاقة: $F_B = q\upsilon B$ اتجاهيا أما مقدارها $F_B = q\upsilon B Sin\theta$ حيث أن θ هي الزاوية المحصورة بين υ و B و كما يأتي:
a : تتولد قوة مغناطيسية عندما يكون متجه السرعة υ عمودي على متجه B أي إن الزاوية $\theta=90^o$ ، فان $Sin90=1$ حيث نحصل على أعظم مقدار للقوة المغناطيسية $F_B = q\upsilon B$.
b: لا تتولد قوة مغناطيسية عندما يكون متجه السرعة υ بموازاة متجه B أي أن الزاوية $\theta=0^o$ ، فان $Sin0=0$ حيث يكون مقدار القوة المغناطيسية $F_B = 0$ (لا يتأثر الجسيم المشحون بأي قوة).

لتعيين اتجاه القوة المغناطيسية F_B نطبق قاعدة الكف اليمنى حيث تدور أصابع الكف اليمنى من اتجاه السرعة υ نحو اتجاه المجال المغناطيسي B فيشير الإبهام الـــى القوة المغنطيسية F_B . حيث أن F_B تؤثر دائما على المستوى الذي يحوي υ ، B . و يكون تأثير القوة المغناطيسية في الشحنة السالبة معاكس لاتجاه القوة المغناطيسة المؤثرة في الشحنة الموجبة.

3- تأثير كل من المجالين الكهربائي و المغناطيسي المنتظمين على الجسيم المشحون بشحنة موجبة في آن واحد:

a : يكون المجال الكهربائي و المغناطيسي متعامدان مع بعضهما.

b : يتأثر الجسيم بقوتين الأولى هي القوة الكهربائية $F_E= qE$ و هي قوة تأثير المجال الكهربائي و الثانية هي القوة المغناطيسية و هي قوة تأثير المجال المغناطيسي $F_B = q\upsilon B$ و هذه القوة تكون عموديه على كل من υ و B لذلك تكون أما باتجاه القوة الكهربائية او باتجاه معاكس لها و على خط فعل مشترك.

c : إن محصلة هاتين القوتين تسمى قوة لورنز(وزاري) و تعطى بالعلاقة الآتية: $F_{lorenz}= F_E + F_B$

و تستثمر في بعض التطبيقات مثل أنبوبة الأشعة الكاثودية للتحكم في مسار الحزمة الالكترونية الساقطة على الشاشة.

- إن الجسيم المشحون يتأثر بالقوة الكهربائية إذا كان ساكنا او متحركا و لا يتأثر بالقوة المغناطيسية إلا إذا كان متحركا.
- يمكن توليد تيار كهربائي في حلقة موصلة مقفلة (او ملف من سلك موصل) و ذلك بوساطة مجال مغناطيسي متغير يواجه تلك الحلقة او الملف.

الحث الكهرومغناطيسي

ان العالم اورستد اول من اوجد العلاقة بين الكهربائية و المغناطيسية حين اكتشف إن التيار الكهربائي يولد مجالا مغناطيسية. استطاع العالم فرادي التوصل الى حقيقة معاكسة لما توصل إليه اورستد و هي إمكانية توليد تيار كهربائي بوساطة مجال المغناطيسي متغير مع الزمن (الفيض المغناطيسي متغير مع الزمن) حيث نجح العالم فرادي في ذلك لأنه اعتمد على المجالات المغناطيسية المتغيرة مع الزمن عكس العلماء الذين سبقوه أمثال اورستد حيث يعد اكتشاف فرادي مكملا لاكتشاف اورستد حيث استنتج فرادي في تجربته الشهيرة في الحث الكهرومغناطيسي ((تتولد قوة دافعة كهربائية ε_{ind} و تيار محتث I_{ind} في دائرة كهربائية مقفلة إذا تغير (يزداد او يقل) مقدار الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن (وزاري)) و تسمى هذه الظاهرة بالحث الكهرومغناطيسي و حسب العلاقة الآتية:

$$\varepsilon_{ind} = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

(حيث نلاحظ العلاقة طردية بين القوة الدافعة الكهربائية و المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي(وزاري))

القوة الدافعة الكهربائية الحركية $\varepsilon_{motional}$

و هي حالة خاصة من حالات الحث الكهرومغناطيسي حيث تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة نتيجة حركة ساق موصلة داخل مجال مغناطيسي منتظم حيث يكون(وزاري):

نتيجة لحركة الساق الموصلة داخل المجال المغناطيسي تتأثر الشحنات الموجبة للساق بقوة مغناطيسية حيث عندما تكون حركة الساق عمودية على الفيض المغناطيسي تعطى القوة المغناطيسية بالعلاقة الآتية: $F_{B1} = qvB$.

فتؤثر هذه القوة في اتجاه موازي لمحور الساق فتعمل على فصل الشحنات الموجبة (تتجمع في احد طرفي الساق) عن الشحنات السالبة (تتجمع في الطرف الآخر) فيتولد فرق جهد كهربائي بين طرفي الساق (الدائرة الكهربائية مفتوحة) يسمى القوة الدافعة الكهربائية الحركية.

2- نتيجة تولد فرق الجهد الكهربائي(القوة الدافعة الكهربائية) ينشأ مجال كهربائي تتجه خطوطه من الشحنات الموجبة الى السالبة حيث يؤثر في هذه الشحنات بقوة تسمى القوة الكهربائية $(F_E=qE)$ و بنفس اتجاه المجال بشكل موازي لاتجاه محور الساق .

3- إن القوة الكهربائية تكون معاكسة في اتجاهها للقوة المغناطيسية (تتجه القوة الكهربائية نحو الشحنات السالبة و القوة المغناطيسية نحو الشحنات الموجبة) و كلا القوتين بمستوى واحد و بخط فعل مشترك.

عندما تحصل حالة الاتزان أي تتساوى القوة الكهربائية مع القوة المغناطيسية $(F_E = F_{B1})$ نحصل على العلاقة التي تربط المجالين الكهربائي و المغناطيسي و كما يأتي:

$$F_E = F_{B1}$$

$$qE = q\upsilon B \rightarrow E = \upsilon B$$

و بما ان انحدار الجهد يساوي المجال الكهربائي

$$E = \frac{\Delta V}{l}$$

(القوة الدافعة الكهربائية الحركية المتولدة على طرفي الساق الموصلة طوله(l) و كثافة فيضهB تتحرك بسرعة υ(وزاري))

$$\varepsilon_{motional} = \upsilon B\, l$$

(واجب) افرض ساقا موصلة طولها 20 cm انزلقت على سكة موصلة بانطلاق 50cm/s باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 0.5 T و المقاومة الكلية للساق و السكة(الدائرة) مقدارها 50Ω احسب مقدار :

1-مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية للساق. 2- التيار المحتث للدائرة. 3- القوة الساحبة للساق. 4- القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة.

(ε= 0.05 volt , I= 0.001 A , F= 10^{-4} N , P = 9.6 w)

التيار المحتث

لانسياب التيار يجب أن تكون الدائرة الكهربائية مقفلة حيث نضع الساق حيث نجعل الساق تنزلق بسرعة υ نحو اليمين على طول سكة موصلة بشكل حرف U مربوط معها مصباح على التوالي.
نسلط مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه B باتجاه عمودي على مستوى الدائرة المقفلة(الساق و السكة و المصباح) حيث تتأثر الشحنات الموجبة في الساق بقوة مغناطيسية تدفعها نحو احد طرفي الساق و السالبة في الطرف الآخر($F_B=q\upsilon B$).
بما أن الدائرة مقفلة فان الشحنات تستمر بالحركة و لا تتجمع عند طرفي الساق فينساب تيار في الدائرة يسمى التيار المحتث حيث يتوهج المصباح المربوط مع السكة توالي دليل على انسياب التيار.
إذا طبقنا قاعدة الكف اليمنى على الشحنة الموجبة يكون اتجاه التيار المحتث في الدائرة معاكسا لدوران عقارب الساعة فإذا كانت المقاومة الكلية في الدائرة R فان التيار المحتث يعطى بالعلاقة:

$$I = \frac{\varepsilon_{motional}}{R} = \frac{\vartheta B l}{R}$$

نتيجة لانسياب التيار المحتث في الساق باتجاه عمودي على الفيض المغناطيسي تظهر قوة مغناطيسية F_{B2} تؤثر في الساق تعطى بالعلاقة الآتية:

$$F_{B2}= I\, l\, B$$

$$F_{pull}= F_{B2}= I\, l\, B = \frac{\vartheta B l}{R}\, Bl = \upsilon B^2 l^2 / R$$

عند سحب الساق الموصلة بإزاحة معينة داخل مجال مغناطيسي تعني انه قد أنجز شغلا في تحريكها حيث تحفظ الطاقة (مبدأ حفظ الطاقة) حيث تكون القدرة المكتسبة عند سحب الساق الموصلة على سكة موصلة عموديا على خطوط المجال المغناطيسي تساوي القدرة المتبددة بشكل حرارة و كما يأتي:

$$P= F_{pull} \cdot \upsilon = \frac{\upsilon B^2 l^2}{R} \cdot \upsilon = \frac{\vartheta^2 B^2 l^2}{R}$$ (القدرة المكتسبة)

$$P_{dissp}= I^2 R =\left(\frac{\varepsilon}{R}\right)^2=\left(\frac{\vartheta B l}{R}\right)^2 .R = \frac{\vartheta^2 B^2 l^2}{R}$$ (القدرة المتبددة)

القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية $\varepsilon_{motional}$:
و تعطى بالعلاقة الآتية:

$$\varepsilon_{motional} = V\, B\, L \sin\theta$$

أ – عندما تكون كثافة الفيض المغناطيسي B عمودية على السرعة V أي أن الزاوية 90^o حيث $\sin 90 = 1$ تتولد أعظم قوة دافعة كهربائية حركية $\varepsilon_{motional} = V\, B\, L$.
و يمكن حساب التيار و القدرة الكهربائية و حسب العلاقة : $P= I^2 R$, $I = \varepsilon_{motional}/R$.
ب- عندما تكون B بموازاة V تكون الزاوية صفر حيث يكون $\sin 0 = 0$ لا تتولد قوة دافعة كهربائية حركيه $\varepsilon_{motional}=0$.

تذكر(وزاري)

1- لكي ينساب تيار كهربائي في دائرة مقفلة يجب ان يتوافر في تلك الدائرة مصدر للقوة الدافعة الكهربائية (تجهزها بطارية او مولد في تلك الدائرة).
2- للحصول على قوة دافعة كهربائية حركية بدون مصدر يجهزها نحرك ساق موصلة داخل مجال مغناطيسي بحيث تكون حركة الساق عمودية على الفيض المغناطيسي (الدائرة مفتوحة).
3- لكي ينساب تيار محتث في دائرة مقفلة او ملف (لا تحتوي بطارية او ملف) يجب ان تتوافر قوة دافعة كهربائية محتثة تتولد بوساطة تغير بالفيض بالمغناطيسي الذي يخترق تلك الحلقة لوحدة الزمن.

انتباه

إذا كانت الحلقة الموصلة غير مقفلة فعند سقوط الساق المغناطيسية خلالها فسوف لن يتولد تيار محتث فيها حيث لا تتأثر الساق بأية قوة في أثناء اقترابها نحو الحلقة او ابتعادها عن الحلقة.

الفيض المغناطيسي

ان شرط توليد قوة دافعة كهربائية محتثة(ε_{ind}) هو حصول تغير (زيادة او نقصان) في الفيض المغناطيسي (Φ_B) الذي يخترق حلقة موصلة او ملف سلكي و يمكن تحقيق ذلك التغير من خلال :

أ – توافر الحركة النسبية بين الساق المغناطيسية و الحلقة او الملف السلكي.

ب- بتغير احد العوامل المؤثرة بالفيض المغناطيسي و كما يأتي:

يحسب مقدار الفيض المغناطيسي بالاعتماد على العوامل المؤثرة فيه و هي متجه مساحة الحلقة او الملف و متجه كثافة الفيض المغناطيسي و الزاوية المحصورة بين المتجه A و B . حيث يكون المتجه A عموديــا دائمــا على مستوى الحلقة .

و حسب العلاقة: $\phi_B=A\,B\cos\theta$.

1- إذا كان المتجه B بموازاة المتجهA او ينطبق عليه(يعني إن المتجه B عمودي على مستوى الحلقة او الملف) حيث تكون الزاوية بين A , B تساوي صفر و إن $\cos 0 =1$ حيث نحصل على أعظم مقدار للفيض المغناطيسي $\phi_B=A\,B$.

2- إذا كان المتجه B عموديا على المتجه A (هذا يعني إن B بموازاة او ينطبق على مستوى الحلقة او الملف) حيث تكون الزاوية بين A و B تساوي 90^o و إن $\cos 90 = 0$ فيكون الفيض في هذه الحالة صفر. $\phi_B=0$.

3- إذا صنع المتجه B زاوية مع مستوى الحلقة θ فان الزاوية المحصورة بين A وB تحسب $(90^o-\theta)$.

و حسب فراداي تتولد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة عندما يتغير الفيض المغناطيسي بالنسبة للزمن و ان الفيض المغناطيسي يتغير بتغير احد العوامل المؤثر فيه و هي(A , B و الزاوية المحصورة بينهما). و إن المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي يتناسب طرديا مع ق. د. كمحتثة . و تكون بعكس اتجاه التغير بالفيض المغناطيسي بالنسبة للزمن حسب لنز الذي وضع الإشارة السالبة للدلالة على قطبية ق د كمحتثة(تحدد اتجاه التيار) في القانون :

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\phi_B}{\Delta t}$$

إذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي نستخدم العلاقة:

$$\varepsilon_{ind} = -N A\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta$$

حيث إن $\Delta B=B_2-B_1$ و إذا ذكر في السؤال انعكس المجال المغناطيسي نستخدم $\Delta B=-2B_1$

إذا تغيرت المساحة A نستخدم العلاقة :

$$\varepsilon_{ind} = -N B\frac{\Delta A}{\Delta t}\cos\theta$$

حيث إن $\Delta A = A_2 - A_1$

إذا تغيرت الزاوية المحصورة بين A و B نستخدم العلاقة :

$$\varepsilon_{ind} = -N B A\frac{\Delta\cos\theta}{\Delta t}$$

حيث يكون $\Delta\cos\theta = \cos\theta_2 - \cos\theta_1$

و إن التيار المحتث يحسب من العلاقة الآتية :

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon ind}{R}$$

انتباه

ان قطبية القوة الدافعة الكهربائية تعتمد على تزايد او تناقص الفيض المغناطيسي فإذا كان متزايدا (اقتراب)تكون قطبيتها سالبة و إذا متناقص (ابتعاد)تكون قطبيتها موجبه.

عند دوران ملف نواة المولد الكهربائي الأحادي الطور داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضه منتظم بسرعة زاوية ω منتظمة و مساحة اللفة الواحدة A و الفيض الذي يخترق اللفة الواحدة عند أية لحظة زمنية يعطى بالعلاقة الآتية: $\Phi = ABcos\theta$ حيث أن $\theta = \omega t$. و ان المعدل الزمني للتغير في الازاحة الزاوية يمثل السرعة الزاوية $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ و تقاس بوحدات rad/s حيث يعطى الفيض الذي يخترق اللفة الواحدة بالعلاقة التالية :

$\Phi = ABcos\theta$

فهو دالة جيب تمام تتغير مع الزمن .

اما المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة فيعطى بالعلاقة التالية :

$$\frac{\Delta[\cos(\omega t)]}{\Delta t} = -\omega \sin(\omega t)$$ لان $$\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -BA\omega \sin(\omega t)$$

و على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي فان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف تكون :

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Phi_B}{\Delta t} = -N\{-BA\omega \sin(\omega t)\}$$

$$\varepsilon_{ind} = NBA\omega \sin(\omega t)$$

حيث ان القوة الدافعة الكهربائية تتغير جيبيا مع الزمن فهي دالة جيبية و ان الفولطية الانية :

$$\varepsilon_{ins} = \varepsilon_{max}\sin(\omega t) \quad , \omega = 2\pi f$$

(واجب) ما مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق مربع طول ضلعه *6 cm* موضوع داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه *0.25T* و مستواه عمودي على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي ؟ و ما مقدار التغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق المربع لو اصبح مستواه موازي الى اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي؟

$(\Delta\Phi_B = -9 \times 10^{-4}\ wb)$

(واجب) ملف مستطيل عدد لفاته *400* لفة وضع في فيض مغناطيسي كثافته *0.4T* بحيث كان مستواه عموديا على الفيض فاذا علمت ان مساحة مقطع لفاته $12cm^2$ احسب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة في هذا الملف في الحالات الاتية :

1- اذا قلب الملف في *0.4s* (ج /0.96 volt).
2- اذا تزايدت كثافة الفيض الى *0.8T* في *0.2s* (ج / 0.96-).
3- اذا تناقصت كثافة الفيض الى *0.1T* خلال *0.03s* (ج / 4.8 volt).
4- اذا ابعد الملف عن الفيض في زمن قدره *0.1s* (ج / 1.92volt).

قانون لنز

((التيار المحتث في دائرة كهربائية مقفلة يمتلك اتجاها بحيث ان مجاله المغناطيسي المحتث يكون معاكسا بتأثيره للتغير في الفيض المغناطيسي الذي ولد هذا التيار)). فهو الطريقة الملائمة لتحديد اتجاه التيار في حلقة موصلة مقفلة.

و هذا يعني ان المجال المغناطيسي المؤثر الخارجي يولد التيار المحتث.

التيار المحتث يولد مجال مغناطيسي محتث (B_{ind})معاكس للمجال المؤثر.

حيث نعمل على تحريك ساق مغناطيسية بالقرب من وجه حلقة مقفلة موصلة و بموازاة محورها العمودي على وجهيها و المار من مركزها. فاذا كان القطب الشمالي للساق مواجها للحلقة فان:

أ – عند تقريب القطب الشمالي من وجه الحلقة يتسبب في ازدياد الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة($\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} > 0$ موجب) فتكون كثافة الفيض المغناطيسي B متزايدة($\frac{\Delta B}{\Delta t} > 0$) فيكون اتجاه التيار المحتث معاكسا لاتجاه دوران عقارب الساعة (الكف اليمنى).فيتولد مجال مغناطيسي محتث كثافته B_{ind} اتجاهه نحو الأعلى(عكس اتجاه الفيض المؤثر) لكي يقاوم التزايد في الفيض المغناطيسي المؤثر الذي ولد التيار المحتث.و هذا يعني انه قد تولد قطب شمالي في وجه الحلقة يتنافر مع القطب الشمالي المقترب منه(الأقطاب المتشابهة تتنافر و المختلفة تتجاذب) حسب قانون لنز.

ب- عند ابعاد القطب الشمالي يتسبب في تناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة و يكون اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي المؤثر نحو الأسفل و متناقصة بالمقدار اقل من الصفر لذا يكون اتجاه التيار مع اتجاه عقارب الساعة (الكف اليمنى) فيولد فيض مغناطيسي محتث اتجاهه نحو الأسفل أي باتجاه الفيض المؤثر لكي يقاوم التناقص في الفيض المغناطيسي الذي ولد التيار المحتث و هذا معناه انه قد تولد في وجه الحلقة قطب جنوبي يتجاذب مع القطب الشمالي المبتعد عنه(حسب لنز).

ان تقريب أي قطب من الأقطاب من وجه الحلقة يسبب تزايد بالفيض فتتولد قوة تنافر لتقاوم التزايد الحاصل بالفيض المغناطيسي.

أما إبعاد أي قطب من الأقطاب من وجه الحلقة يسبب تناقص بالفيض المغناطيسي فتتولد قوة تجاذب لمقاومة التناقص الحاصل.

(وزاري)إن الفائدة العملية من تطبيق قانون لنز هي في تعيين اتجاه التيار المحتث في دائرة كهربائية مقفلة ، كما وانه يعد تطبيقا لقانون حفظ الطاقة(لأنه في حالة اقتراب المغناطيس او ابتعاده بالنسبة للحلقة يتطلب انجاز شغل ميكانيكي و يتحول الشغل المنجز الى نوع آخر من الطاقة في الحمل عندما تكون الحلقة متصلة بحمل).

(واجب) حلقة موصلة دائرية قطرها 20 cm و مقاومتها 0.4Ω و مستواها عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 0.6T سحبت الحلقة من جانبيها بقوتي شد متساويتين فتغير شكلها الى مستطيل طوله 30 cm و عرضه 1.4cm خلال 0.2s احسب مقدار التيار المحتث في الحلقة.

(I=0.204A)

ظاهرة الحث الذاتي

هي عملية توليد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية ε في ملف نتيجة تغير مقدار التيار المنساب لوحدة الزمن في الملف نفسه .

ان المعدل الزمني للتغير في التيار قد سبب حصول تغير في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن الذي بدوره يولد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية و كما يأتي:

$$N \Phi_B \propto I$$

$$N \Phi_B = L I$$

$$-N \Delta\Phi_B/\Delta t = - L \Delta I / \Delta t$$

و حسب فراداي فان :

$$\varepsilon = -N \Delta\Phi_B /\Delta t \longrightarrow \varepsilon_{ind} = - L \Delta I / \Delta t$$

حيث L هو معامل الحث الذاتي للملف و هو نسبة القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الى المعدل الزمني للتغير في التيار المنساب في الملف نفسه و يقاس بوحدة هنري (volt . second / Ampere)كما في العلاقة الآتية:

$$L = \varepsilon_{ind} / \Delta I / \Delta t$$

يتوقف مقدار معامل الحث الذاتي لملف على(وزاري) :

عدد لفات الملف و حجم الملف و الشكل الهندسي للملف و النفوذية المغناطيسية للوسط في جوف الملف.

(يزداد مقدار معامل الحث الذاتي للملف عند إدخال قلب من الحديد المطاوع في جوف الملف).

(واجب) ملف معامل حثه الذاتي 0.4H و عدد لفاته 200 لفة و مقاومته 12Ω و ضعت عليه فولطية مستمرة 60volt . ما مقدار :

1- المعدل الزمني لتغير الفيض و المعدل الزمني لتغير التيار لحظة غلق الدائرة. (0.3 wb/s)

2- التيار الاني لحظة وصول القوة الدافعة الكهربائية المحتثة 20% من فولطية المصدر. (4A)

(واجب) ملف عدد لفاته 400 لفة و معامل حثه الذاتي 0.5H و مقاومته 8Ω وضعت عليه فولطية مستمرة مقدارها 80 volt احسب المعدل الزمني لتغير التيار و المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي و التيار الاني في الدائرة لحظة وصول القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف 20% من الفولطية الموضوعة.

($\Delta I / \Delta t$ = 32A/s , 0.04wb/s , 8A)

(واجب) ملف يتكون من 50 لفة يتغير فيه التيار من 5A الى الصفر خلال زمن مقداره 0.02s فتتولد على طرفي الملف قوة دافعة كهربائية محتثة مقدارها 10 volt احسب معامل الحث الذاتي للملف و المعدل الزمني للفيض المغناطيسي الذي يخترق لفة واحدة و كذلك المعدل الزمني الذي يخترق اللفة الواحدة عندما يمر فيه تيار مقداره 2A .

(0.04H , - 0.2wb/s , 16×10^{-4} wb)

ملاحظات حول ظاهرة الحث الذاتي(القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية في الملف ε_{ind})(مهمة وزارية):

إن التغير في التيار يؤدي الى تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف فتتولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية حيث يكون :

$N\,\phi_B = L\,I$

و إذا تغير التيار بالنسبة للزمن سيتغير الفيض المغناطيسي بالنسبة للزمن و كما يأتي:

$$-N\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$V_{app} - \varepsilon_{ind} = I_{ins}\,R$$

1- لحظة غلق المفتاح يكون التيار الآني صفر فيكون المعدل الزمني للتغير في التيار أعظم ما يمكن $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ حيث نحصل على اعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية و تكون قطبيتها سالبة عكس الفولطية الموضوعة : $V_{app} = \varepsilon_{ind}$

2- إذا كان المعدل الزمني للتغير بالتيار متزايد (لكنة لم يصل الى مقداره الأعظم كما في الحالة الأولى) $\frac{\Delta I}{\Delta t} > 0$ موجب فان قطبية القوة الدافعة الكهربائية سالبة لان($\frac{\Delta I}{\Delta t}$ موجب x لنز سالب = سالب) حيث : $V_{app} - \varepsilon_{ind} = I_{ins}\,R$

$$V_{app} - N\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = I_{ins}\,R$$

3- إذا كان المعدل الزمني للتغير بالتيار متناقص $\frac{\Delta I}{\Delta t} < 0$ سالب فان قطبية القوة الدافعة الكهربائية موجبة لان ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$ سالب x لنز سالب = موجب) حيث:

$$V_{app} + \varepsilon_{ind} = I_{ins}\,R$$

$$V_{app} + N\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = I_{ins}\,R$$

4- عندما يكون يبلغ التيار مقداره الأعظم الثابت المقدار ($\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$) فان $\varepsilon_{ind} = 0$ فيكون : $V_{app} = I_{ins}\,R$

- إذا انعكس اتجاه التيار فان التيار المنعكس يأخذ نفس مقدار التيار الأول و عكس الإشارة حيث يكون مقدار($\Delta I = -2\,I$)
- إذا انعكس التيار فان الزمن المستغرق لانعكاسه يكون نصف الزمن الأول

ملاحظة(وزاري)

- إن زمن تلاشي التيار من مقداره الثابت الى الصفر صغيرا نسبة الى زمن تناميه وذلك بسبب ظهور فجوة هوائية بين جزئي المفتاح تجعل مقاومة الدائرة كبيرة جدا. حيث تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية على طرفي الملف بنفس القطبية للفولطية الموضوعة على الملف فتزيد من سرعة تلاشي التيار.
- إن زمن تنامي التيار من الصفر الى مقداره الثابت كبير و ذلك بسبب الحث الذاتي و تولد قوة دافعة كهربائية ذاتية بقطبية معاكسة للفولطية الموضوعة على الملف حيث تعرقل التزايد.

الطاقة المختزنة بالمحث:

و تعطى بالعلاقة : $PE = 1/2\,L\,I^2$

لاحظ من العلاقة إن مقدار الطاقة المختزنة بالمحث تكون موجبة دائما لان:

أ – مقدار معامل الحث الذاتي يكون موجب دائما و يتناسب طرديا مع الطاقة.

ب – مربع التيار يكون موجب دائما (و إن كان التيار سالب فان مربعه موجب) و يتناسب طرديا مع الطاقة.

ظاهرة الحث المتبادل

هي ظاهرة توليد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي نتيجة $\varepsilon_{ind(2)}$ نتيجة لتغير التيار في الملف الابتدائي لوحدة الزمن.

حيث أن نمو التيار من الصفر الى مقداره الثابت او بالعكس تلاشي التيار من مقداره الثابت الى الصفر تتولد قوة دافعة كهربائية في الملف الابتدائي $\varepsilon_{ind(1)}$ (الحث الذاتي) وإذا كان ملف آخر مجاور للملف الابتدائي يسمى الملف الثانوي تتولد فيه أيضا قوة دافعة كهربائية محتثة نتيجة التغير الحاصل في التيار لوحدة الزمن في الملف الابتدائي و حسب ظاهرة تسمى بظاهرة الحث المتبادل بين الملفين $\varepsilon_{ind(2)}$ و حسب العلاقة:

$$\varepsilon_{ind(2)} = -M\frac{\Delta I1}{\Delta t}$$

حيث أن $\frac{\Delta I1}{\Delta t}$ المعدل الزمني للتغير بالتيار

M: هو معامل الحث المتبادل بين الملفين و هو نسبة القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي الى المعدل الزمني للتغير في التيار في الملف الابتدائي و يكون موجب دائما.

عندما يكون الاقتران تام بين الملفين بوضع قلب من الحديد بينهما يعطى بالعلاقة: $M = \sqrt{L1 + L2}$

ملاحظة/ إذا طلب في السؤال مقدار معامل الحث الذاتي **L** *او معامل* الحث المتبادل ***M*** و كانت القوة الدافعة الكهربائية معلومة و المعدل الزمني للتغير في التيار معلوم و كان التيار متزايد و حسب العلاقة :

$$\varepsilon_{ind(2)} = -M\frac{\Delta I1}{\Delta t} \quad , \quad \varepsilon_{ind(1)} = -L\frac{\Delta I1}{\Delta t}$$

حيث نضع إشارة سالبة أمام مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة لان المعدل الزمني للتغير بالتيار يكون معاكس للقوة الدافعة الكهربائية حسب قانون لنز(مثال *6* ص *80*) و كما يأتي:

$$-N\frac{\Delta \phi_B}{\Delta t} = -M\frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow -\varepsilon_{ind} = -M\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$M = \frac{-\varepsilon ind(2)}{-\frac{\Delta I1}{\Delta t}}$$

س/ علام يعتمد معامل الحث المتبادل بين ملفين اذا كانا في الهواء؟

يعتمد على ثوابت الملفين أي حجم كل ملف و الشكل الهندسي لكل ملف و عدد حلقات كل ملف و النفوذية المغناطيسية للمادة في جوف كل ملف و كذلك على وضعية كل ملف و الفاصلة بين الملفين. اما اذا كان التواشج تام فانه يعتمد على ثوابت الملفين فقط.

المجالات الكهربائية المحتثة(وزاري)

المجال الكهربائي المحتث : و هو مجال كهربائي غير مستقر يتولد نتيجة التغيرات الحاصلة في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن خلال الموصل.

المجال الكهربائي: و هو مجال مستقر يتولد بوساطة الشحنات الكهربائية الساكنة.

(واجب) ملفان متجاوران بينهما اقتران مغناطيسي تام معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي 0.4H و عدد لفاته 200لفة و عدد لفات الملف الثانوي 100 لفة و مقاومة الثانوي 50Ω ربط الملف الابتدائي الى مصدر فولطية مستمرة مقدارها 100 volt. احسب :

1- لحظة وصول التيار 60% من مقداره الثابت المعدل الزمني لتغير التيار و المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي في الملف الابتدائي و القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الثانوي عندما يمر به تيار مقداره 0.4A.

2- معامل الحث المتبادل بين الملفين و معامل الحث الثانوي.

(100A/s , 0.2wb/s , 20 volt ,0.2H , 0.1H)

امثلة الكتاب :

مثال 1: افرض ان ساقا طولها 1.6m انزلقت على سكة موصلة بانطلاق 5m/s باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 0.8T و كانت مقاومة المصباح المربوط مع السكة على التوالي 128Ω .

(اهمل المقاومة الكهربائية للساق و السكة) و احسب مقدار :

1-القوة الدافعة الكهربائية المحتثة . 2- التيار المحتث في الدائرة . 3- القدرة الكهربائية المجهزة للمصباح.

الحـــــــــــــــــــــــــــل

1- $\varepsilon_{motional} = \vartheta B\ell = 5 \times 0.8 \times 1.6 = 6.4V$

2- $I_{ind} = \frac{\varepsilon_{motional}}{R} = \frac{6.4}{128} = 0.05\ A$

3- $P_{dissipated} = I^2R = 0.05^2 \times 128 = 0.32W$

مثال 2: حلقة دائرية موصلة قطرها 0.4m وضعت داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 0.5T و يتجه باتجاه مواز لمتجه مساحة الحلقة A.

أ-احسب مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة .

ب-ما مقدار الفيض المغناطيسي ، على فرض ان الحلقة دارت باتجاه معاكس دوران عقارب الساعة لحين صار متجه المساحة A يصنع زاوية $\theta = 45^o$ مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي.

الحـــــــــــــــــــل

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times 0.2^2 = 12.56 \times 10^{-2} m^2$$

أ – بما ان المتجه B موازي للمتجه A تكون الزاوية بينهما تساوي صفر $\theta = 0$ ، $\cos 0 = 1$ فيكون الفيض :

$$\Phi_B = B\,A = 0.5 \times 12.56 \times 10^{-2} = 6.28 \times 10^{-2}\ \text{web}$$

ت-بما ان دوران الحلقة قد جعل متجه المساحة A يصنع زاوية مقدار 45^o مع متجه كثافة الفيض B فيكون الفيض:

$$\Phi_B = B\,A\cos\theta = 0.5 \times 12.56 \times 10^{-2} \cos 45^o = 6.28 \times 10^{-2} \times 0.707 = 4.44 \times 10^{-2}\text{web}$$

مثال 3 : ملف يتألف من 50 لفة متماثلة و مساحة اللفة الواحدة $20cm^2$. فاذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف من 0.0T الى 0.8T خلال زمن 0.4S احسب :

معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف.

مقدار التيار المنساب في الدائرة اذا كان الملف مربوط بين طرفي كلفانومتر و المقاومة الكلية في الدائرة 80Ω.

الحـــــــــــــــــــــــــــــــــــــل

1- $\Delta\Phi_B = B_2 - B_1 = 0.8 - 0.0 = 0.8\ T \quad , \quad A = 20 \times 10^{-4} m^2$

$$\varepsilon_{motional} = -NA\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -50 \times 20 \times 10^{-4} \times \frac{0.8}{4} = -0.2V$$

(الإشارة السالبة تدل على ان القوة الدافعة الكهربائية تعاكس المسبب الذي ولدها و هو المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي وفق قانون لنز)

2- $I = \frac{\varepsilon_{motional}}{R} = \frac{0.2}{80} = 2.5 \times 10^{-3} A$

مثال 4: ملف معامل حثه الذاتي (2.5mH) و عدد لفاته 500 لفة ينساب فيه تيار مستمر 4A ، احسب:
مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة. 2- الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي .
3 – معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس اتجاه التيار خلال 0.25s.

الحـــــــــــــل

1- $N\Phi_B = LI$

$500 \times \Phi_B = 2.5 \times 10^{-3} \times 4 \quad , \Phi_B = 2 \times 10^{-5} web$

2- $PE = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} \times 2.5 \times 10^{-3} \times (4)^2 = 0.02J$

3- $\Delta I = -2I = -2 \times 4 = -8A$

$\varepsilon_{motional} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -2.5 \times 10^{-3} \times \frac{-8}{0.25} = 0.08V$

مثال 5: ملفان متجاوران ملفوفين حول حلقة مقفلة من الحديد المطاوع ربط بين طرفي الملف الابتدائي بطارية فرق الجهد بين طرفيها *100V* و مفتاح على التوالي . فاذا كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي *0.5H* ، و مقاومته *20Ω* احسب مقدار :

1- المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة غلق الدائرة .
2- معامل الحث المتبادل بين الملفين اذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتثة بين طرفي الملف الثانوي مقدارها *40V* لحظة اغلاق المفتاح في دائرة الملف الابتدائي.
3- التيار الثابت المنساب في دائرة الملف الابتدائي بعد اغلاق الدائرة.
4- معامل الحث الذاتي للملف.

الحـــــــــــــل

1- لحظة غلق الدائرة في دائرة الملف الابتدائي يكون التيار الاني يساوي صفر لذا فان : $V_{app} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} + 0 \, x \, R$

$100 = 0.5 \times \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad , \quad \frac{\Delta I}{\Delta t} = 200A/s$

2- نحسب معامل الحث المتبادل بين الملفين من العلاقة :

$\varepsilon_{ind(2)} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$

لان التيار في دائرة الملف الابتدائي يكون متزايدا $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ اكبر من الصفر لحظة اغلاق المفتاح فان القوة الدافعة الكهربائية بإشارة سالبة:

-40 = - M x 200 , M = 0.2H

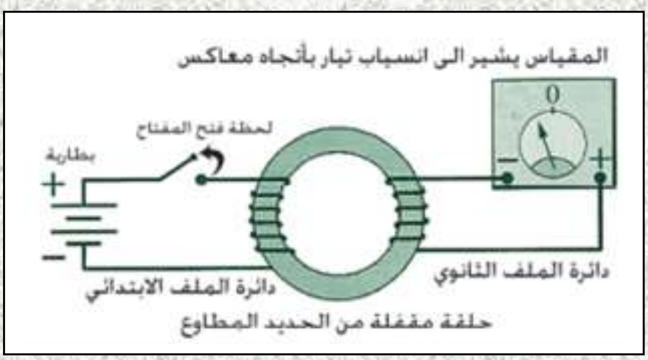
3- لحساب التيار الثابت من العلاقة : $I_{const} = \frac{V_{app}}{R} = \frac{100}{20} = 5A$

4 – بما ان الترابط المغناطيسي بين الملفين تام في حالة الملفين الملفوفين حول حلقة من الحديد المطاوع فان:

$M = \sqrt{L_1 x L_2} \quad , \quad 0.2 = \sqrt{0.5 \, x \, L_2} \quad , L_2 = 0.08H$

أنشطة الفصل:

س/ اشرح تجربة فراداي في الحث الكهرومغناطيسي؟



1- نستعمل ملفين يتألفان من سلكين ملفوفين حول حلقة مقفلة من الحديد المطاوع حيث نربط الملف الابتدائي مع البطارية و تسمى بدائرة الملف الابتدائي والملف الثانوي مع جهاز يتحسس التيارات الصغيرة المقدار وتسمى بدائرة الملف الثانوي كما في الشكل .

لاحظ فاراداي بعد اغلاق المفتاح في دائرة الملف الابتدائي انحراف مؤشر المقياس المربوط مع الملف الثانوي على احد جانبي صفر التدريجة لحظة اغلاق المفتاح المربوط مع الملف الابتدائي ثم رجوعه الى صفر التدريجة.
استنتج فاراداي انسياب التيار الكهربائي بدائرة الملف الثانوي على الرغم انه غير موصول بالبطارية و قد سمي هذا التيار بالتيار المحتث.

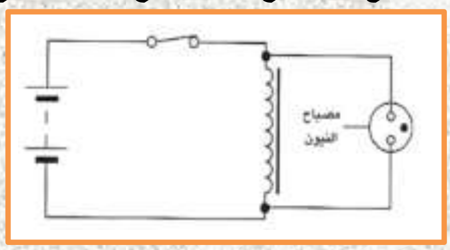
2- ان عودة المؤشر الى تدريجة الصفر دليل على ثبوت التيار المنساب في الملف الابتدائي حيث لا يحصل تغير في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن.
3- لاحظ فاراداي أيضا عند فتح المفتاح ينحرف مؤشر الجهاز الى الجانب الاخر من تدريجة الصفر أي عند تلاشي التيار ثم عودته الى الصفر.
4- ان انسياب التيار في الملف الثانوي يحصل فقط عند تنامي التيار(لحظة غلق المفتاح) و عند تلاشيه (يتناقص عند فتح المفتاح) .
5- استنتج فرادي بان يتولد التيار المحتث في دائرة كهربائية مقفلة فقط عندما يتوافر او يحصل تغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمنوزاري.

س/ اشرح نشاط يوضح ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي؟

نستعمل ملف مربوط بوساطة اسلاك توصيل مع طرفي كلفانوميتر و ساق مغناطيسية نجعل قطبها الشمالي مواجها للملف و في حالة سكون نسبة للملف حيث يكون مؤشر الكلفانومتر ثابتا عند تدرية الصفر.
ندفع الساق المغناطيسية نحو وجه الملف ثم نبعدها عنه حيث ينحرف مؤشر الكلفانومتر الى اتجاه معين عند تدريجة الصفر عند اقتراب الساق من وجه الملف ثم ينحرف الى الاتجاه الاخر من تدريجة الصفر عند ابتعاد الساق عن وجه الملف.
ينساب تيار محتث في دائرة الملف عند اقتراب الساق من وجه الملف نتيجة تزايد الفيض المغناطيسي و كذلك عند ابتعاد الساق عن وجه الملف نتيجة تناقص الفيض المغناطيسي .
نتيجة لحصول التغير بالفيض المغناطيسي لوحدة الزمن في حالتي الابتعاد و الاقتراب للساق من وجه الملف قد ولد قوة دافعة كهربائية محتثة و تيار محتث في الدائرة الكهربائية المقفلة على الرغم من عدم توافر بطارية في تلك الدائرة).
تكون قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة و اتجاه التيار المحتث في الدائرة الكهربائية باتجاه معين عند تزايد الفيض المغناطيسي(اقتراب) الذي يخترقها و يكونان باتجاه معاكس عند تناقص هذا الفيض(ابتعاد).

س/اشرح نشاط يوضح تولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية على طرفي ملف.

نستعمل بطارية ذات فولطية 9V و مفتاح و ملف سلكي في جوفه قلب من الحديد المطاوع و مصباح نيون يحتاج 80V ليتوهج.



نربط الملف و المفتاح و البطارية على التوالي كما في الشكل.
نربط مصباح النيون على التوازي مع الملف.
نغلق دائرة الملف و البطارية بوساطة المفتاح لا نلاحظ توهج المصباح لحظة اغلاق الدائرة و ذلك بسبب الفولطية على طرفيه لم تكن كافية لتوهجه و ذلك لان نمو التيار من الصفر الى مقداره الثابت يكون بطيئا نتيجة لتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف تعرقل المسبب لها وفق لنز.
نفتح دائرة الملف و البطارية بوساطة المفتاح نلاحظ توهج مصباح النيون بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة و ذلك بسبب تولد فولطية كبيرة على طرفيه تكفي لتوهجه و ذلك نتيجة التلاشي السريع للتيار خلال الملف تتولد على طرفي الملف قوة دافعة كهربائية كبيرة المقدار حيث يعمل الملف في هذه الحالة كمصدر طاقة يجهز المصباح بفولطية تكفي لتوهجه.

أسئلة عامة و أسئلة وزارية حول ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي(الأسئلة الكلامية)

1. هل يتأثر الجسيم المشحون بقوة مغناطيسية و لماذا ؟إذا كانت حركته :

أ – موازية لاتجاه المجال المغناطيسي . ب– عمودية على اتجاه المجال المغناطيسي.

أ. لا يتأثر بأية قوة ($F = 0$) لان ($\theta=0$) و إن $Sin\theta=0$ حيث إن $F_B= q\upsilon BSin\theta$.

ب. نعم يتأثر بأعظم مقدار للقوة المغناطيسية حيث تكون حركة الجسيم دائرية لان ($\theta=90$) و ان $Sin90= 1$ حيث يكون $F_B=q\upsilon B$. (θ هي الزاوية المحصورة بين $B\&\upsilon$).

2.متى يكون الفيض المغناطيسي الذي يخترق حلقة موصلة اكبر ما يمكن و متى لا يتوافر فيض مغناطيسي؟

حسب العلاقة ($\Phi_B= ABcos\theta$) حيث يتوافر فيض مغناطيسي عندما يكون متجه كثافة الفيض Bعمودي على مستوى الحلقة أي ان الزاوية المحصورة بين $A\&B$ تساوي صفر(A بموازاة B).لان $cos\ 0=1$ فيكون الفيض أعظم مقدار $\Phi_B= AB$.

و لا يتوافر عندما يكون B بموازاة مستوى الحلقة أي عمودي على المتجه A حيث تكون الزاوية 90^o. ($cos\ 90= 0$)

$\Phi_B= 0$

---

3. هل يكون الفيض المغناطيسي نصف مقداره الأعظم؟

نعم عندما يكون مستوى الحلقة مائلا بزاوية 30^o مع اتجاه كثافة الفيض أي ان متجه المساحة مائلا بزاوية 60^o مع B.

---

4 . ما الذي يحدد قطبية ق.د.ك.$_{محتثة}$ في فراداي؟

ان قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تعتمد في قطبيتها على المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي فيما اذا كان متزايدا او متناقصا

---

5. علام يعتمد فرق الجهد الكهربائي بين طرفي ساق تتحرك عموديا على مجال مغناطيسي منتظم .

تعتمد على طول الساق و كثافة الفيض المغناطيسي و سرعة حركة الساق و الزاوية بين $\upsilon\&B$. ($\Delta V=L\upsilon BSin\theta=\varepsilon_{motional}$).

6.هل يمكن جعل التيار الخارج من مولد التيار المستمر ذي الملف الواحد اقرب إلى تيار النضيدة(ثابت القيمة تقريبا)؟

و ذلك بزيادة عدد الملفات حول النواة بحيث تحصر بينها زوايا متساوية القياس.

7. لماذا يكون زمن تنامي التيار من الصفر إلى مقداره الثابت كبير في الملف و زمن تلاشيه قصيرا؟

و ذلك بسبب خاصية الحث الذاتي للملف و تولد ق.د.ك محتثة ذاتية بقطبية معاكسة للفولطية الموضوعة على الملف فهي تعرقل التزايد او التنامي في التيار . و يكون زمن تلاشي التيار سريعا (قصيرا) بسبب تولد ق.د.ك محتثة ذاتية بالقطبية نفسها للفولطية الموضوعة على الملف فتزيد من سرعة تلاشي التيار و كذلك بسبب ظهور فجوه هوائية بين جزئي المفتاح تجعل مقاومة الدائرة كبيرة جدا.

---

8. ما الفائدة العملية من تطبيق قانون لنز؟ و لماذا يعد تطبيقا لقانون حفظ الطاقة؟

لتحيد اتجاه التيار المحتث في دائرة كهربائية مقفلة و هو يعد تطبيقا لقانون حفظ الطاقة لأنه في حالة اقتراب المغناطيس او حالة ابتعاده نسبة إلى الحلقة الموصله المقفلة يتطلب انجاز شغل ميكانيكي للتغلب على قوة التنافر في حالة الاقتراب او قوة التجاذب في حالة الابتعاد و يتحول هذا الشغل المنجز إلى نوع آخر من الطاقة .

---

9. علام يعتمد مقدار معامل الحث الذاتي لملف.

أ- عدد لفات الملف . ب- حجم الملف . جـ- الشكل الهندسي للملف. د- النفوذية المغناطيسية لمادة قلب الملف.

---

10. ماذا يحصل و لماذا لو تغير التيار المنساب في احد ملفين متجاورين؟

يتولد تيار محتث في الملف الآخر حسب ظاهرة الحث المتبادل بين اللفين المتجاورين فإذا تغير التيار المنساب في الملف الابتدائي لوحدة الزمن يتغير تبعا لذلك الفيض الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن حسب فراداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد ε_{ind} في الملف الثاني N2 :

$$\varepsilon_2 = -M\,\Delta I_1/\Delta t$$

---

11. علل يتوهج مصباح النيون المربوط توازي مع ملف بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن لحظة فتح المفتاح.

و ذلك لأنه يتلاشى التيار من مقداره الثابت إلى الصفر يكون سريعا جدا و هذا يؤدي إلى توليد قوة دافعة كهربائية محتثة كبيرة المقدار على طرفي الملف فيعمل الملف في هذه الحالة كمصدر طاقة تجهز المصباح بفولطية تكفي لتوهجه. أما عند غلق المفتاح لا يتوهج المصباح لان الفولطية الموضوعة على طرفيه ليست كافية لتوهجه لان نمو التيار من الصفر الى مقداره الثابت بطيئا مما يؤدي إلى تولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف بقطبية معاكسة لقطبية الفولطية الموضوعة تعرقل المسبب لها حسب لنز فتكون الفولطية المتولدة صغيرة المقدار على طرفي الملف لا تكفي لتوهج المصباح.

---

12. ماذا يحصل لجسيم مشحون بشحنة موجبه (q^+) عندما يتحرك بسرعة مقدارها (υ) باتجاه عمودي على خطوط مجال كهربائي منتظم؟

سوف يتأثر بقوة كهربائية (F_E) تكون باتجاه موازي لخطوط المجال الكهربائي (E) و يعبر عن المجال الكهربائي بالعلاقة الآتية :

و تقاس القوة الكهربائية بوحدة N عندما تكون الشحنة بالكولوم و المجال يقاس بوحدة(N/C).

$$E = F_E / q \Rightarrow F_E = q\,E$$

-13 اختر الإجابة الصحيحة :

عندما تقل السرعة الزاوية لدوران ملف النواة المحرك نتيجة لازدياد الحمل الموصول مع ملفه تسبب في هبوط مقدار:

(القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة ، التيار المنساب في دائرة المحرك ، الفولطية الموضوعة على طرفي النواة)

الجواب/ القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة.

-14 اختر الإجابة الصحيحة:

معامل الحث الذاتي لملف لا يعتمد على (عدد لفات الملف . الشكل الهندسي لملف ، المعدل الزمني للتغير في التيار المنساب في الملف ، النفوذية المغناطيسية للوسط في جوف الملف).

الجواب / المعدل الزمني للتغير في التيار.

-15 مم يتألف مولد التيار المتناوب ذي الأطوار الثلاثة ؟ و ما الفائدة منه ؟ موضحا ذلك بالرسم.

الجواب في الملزمة مع الرسم

-16 اشرح تجربة ظاهرة الحث الذاتي.

الجواب في الملزمة و الكتاب النشاط (3) توليد ق د ك محتثة ذاتية على طرفي ملف ص 77

-17 اكتب العلاقة الرياضية التي تعطى فيها الفولطية في دائرة تيار مستمر تحتوي ملفا و بطارية و مفتاحا في الحالات الآتية:

عند انسياب تيار متزايد المقدار في الملف. **-2 عند انسياب تيار متناقص في الملف**

الجواب : -1 $V_{app} - \varepsilon_{ind} = I_{ins} R$ -2 $V_{app} + \varepsilon_{ind} = I_{ins} R$

-19 علام يعتمد معامل الحث المتبادل بين ملفين يتوافر بينهما ترابط مغناطيسي تام ؟

تعتمد على ثوابت الملفين الابتدائي و الثانوي (L_1 , L_2) حسب العلاقة $M = \sqrt{L1 + L2}$

-20 اشرح كيف يعمل جهاز التحفيز المغناطيسي خلال الدماغ.

يعمل بتسليط تيار متغير مع الزمن على الملف الابتدائي الذي يمسك على منطقة الدماغ فالمجال المغناطيسي المتغير و المتولد بوساطة هذا الملف يخترق دماغ المريض مولدا فيه قوة دافعة كهربائية محتثة و التي بدورها تولد تيارا محتث يشوش الدوائر الكهربائية في الدماغ و بهذه الطريقة تعالج بعض الامراض النفسية .

-21 اشرح عمل القيثارة الكهربائية.

إن أوتار القيثار الكهربائي معدنية مصنوعة من مواد فيرومغناطيسية تتمغنط أثناء اهتزازها بوساطة ملفات سلكية يحوي كل منها بداخله ساقا مغناطيسية . توضع الملفات في مواضع مختلفة تحت الأوتار المعدنية للقيثار الكهربائي و عندما تهتز هذه الأوتار يستحث تيار كهربائي متناوب تردده يساوي تردد الأوتار ثم يوصل الى مضخم.

-22 وضح كيف تعمل بطاقة الائتمان.

عند تحريك بطاقة الائتمان (بطاقة خزن المعلومات) الممغنطة امام ملف سلكي يستحث تيار كهربائي ثم يضخم هذا التيار و يحول الى نبضات للفولطية تحتوي المعلومات.

-24 اين تستثمر ظاهرة الحث المتبادل ؟. وضح ذلك.

تستثمر في استعمال جهاز التحفيز المغناطيسي خلال الدماغ .

حيث يسلط تيار متغير مع الزمن على الملف الابتدائي الذي يمسك على منطقة الدماغ للمريض فالمجال المغناطيسي المتغير المتولد بوساطة هذا الملف يخترق دماغ المريض مولدا قوة دافعة كهربائية محتثة فيه. و هذا بدوره يولد تيار محتث يشوش الدوائر الكهربائية في الدماغ و بهذه الطريقة تعالج بعض اعراض الامراض النفسية مثل الكآبة.

مسائل وزارية للفصل الثاني

س1/ افرض ان ساق موصلة طولها 1.6m تنزلق على سكة موصلة بشكل حرف U باتجاه عمودي على فيض مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 0.8T بتأثير قوة ساحبة ثابتة 0.064N و كان مقدار المقاومة 128Ω . احسب :

1-القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية . 2- السرعة التي تنزلق بها الساق.

$$1\text{-}F_{pull} = I\ell\beta \rightarrow 0.064 = I \times 1.6 \times 0.8$$

$$I = \frac{0.064}{1.6 \times 0.8} = 0.05A$$

$$\varepsilon_{motional} = IR = 0.05 \times 128 = 6.4 \text{ volt}$$

$$\varepsilon_{motional} = \vartheta\beta\ell \rightarrow 6.4 = \vartheta \times 0.8 \times 1.6$$

$$\vartheta = \frac{6.4}{0.8 \times 1.6} = 5\, m/s$$

س2/ اذا كانت الطاقة المختزنة في ملف معامل حثه الذاتي 0.6H و عدد لفاته 100 لفة هي 4.8J . احسب: 1- مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة. 2- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس اتجاه التيار خلال 0.24s .

$$PE = \frac{1}{2} L I^2 \rightarrow 4.8 = \frac{1}{2} \times 0.6 \times I^2$$

$$I^2 = \frac{2 \times 4.8}{0.6} = 16 \rightarrow I = 4A$$

$$N\Phi_B = L I \rightarrow 100 \times \Phi_B = 0.6 \times 4 \rightarrow \Phi_B = \frac{0.6 \times 4}{100} = 0.024Web$$

اذا انعكس اتجاه التيار فان $\Delta I = -2I = -2 \times 4 = -8A$

$$\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -0.6 \times \frac{-8}{0.24} = 20\ volt$$

س3/ملفان متجاوران بينهما اقتران مغناطيسي تام كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي 0.1H و مقاومته 20Ω و معامل الحث الذاتي للملف الثانوي 0.9H طبقت على الملف الابتدائي فولطية مستمرة عند اغلاق دائرة الملف الابتدائي و وصول التيار الى 40% من مقداره الثابت كانت الفولطية المحتثة في الملف الابتدائي 18 volt . احسب:

1- معامل الحث المتبادل بين الملفين . 2- الفولطية الموضوعة في دائرة الملف الابتدائي
3- المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي. 4- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في دائرة الملف الثانوي.

$$M = \sqrt{L_1 x L_2} = \sqrt{0.1x0.9} = 0.3H$$

$$I_{ins} = \frac{40}{100} I_{cons} = \frac{40}{100} x \frac{V_{app}}{R} = \frac{40}{100} x \frac{V_{app}}{20} = 0.02\, V_{app}$$

$$V_{app} = I_{ins} R + \varepsilon_{ind} \rightarrow V_{app} = 0.02\, V_{app}\, x\, 20 + 18$$

$$V_{app} = 0.4\, V_{app} + 18 \rightarrow V_{app} - 0.4\, V_{app} = 18$$

$$0.6\, V_{app} = 18 \rightarrow V_{app} = \frac{18}{0.6} = 30\, volt$$

$$\varepsilon_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow 18 = 0.1\, x \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = 180 A/s$$

$$\varepsilon_{ind2} = -M \frac{\Delta I}{\Delta t} = -0.3\, x\, 180 = -54\, volt$$ قطبيتها سالبة

س4/ ملف معامل حثه الذاتي 0.4H و مقاومته 20Ω وضعت عليه فولطية مستمرة مقدارها 200volt احسب مقدار المعدل الزمني للتغير بالتيار : 1- لحظة غلق الدائرة. 2- لحظة ازدياد التيار الى 40% من مقداره الثابت. 3- لحظة ازدياد التيار الى 50% من مقداره الثابت.

1- لحظة غلق الدائرة فان التيار الاني يساوي صفر حيث يكون المعدل الزمني للتغير بالتيار اعظم ما يمكن:

$$V_{app} = \varepsilon_{ind} \quad , \quad \varepsilon_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$V_{app} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow 200 = 0.4\, x \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{200}{0.4} = 500 A/s$$

2- : من الفولطية الموضوعه و المقاومة نجد التيار الثابت و منه التيار الاني حسب النسبة في السؤال حيث

3- $I_{ins} = \frac{40}{100} I_{cons} = \frac{40}{100} x \frac{200}{20} = 4A$

$$V_{app} = I_{ins}R + L\frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow 200 = 4\,x\,20 + 0.4\,x\,\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$200 - 4\,x\,20 = 0.4\,x\,\frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow 120 = 0.4\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{120}{0.4} = 300A/s$ عند وصول التيار 40% من مقداره الثابت

اما عند وصول التيار الى 50% من مقداره الثابت فان المعدل الزمني للتغير بالتيار

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 250\ A/s$$

و عند وصول التيار الى 60% من مقداره الثابت فان :

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 200A/s$$

و هذا يعني انه كلما زاد التيار الاني فانه يقل المعدل الزمني للتغير بالتيار

$$I_{ins}\ \alpha\ \frac{1}{\frac{\Delta I}{\Delta t}}$$

س5/ ملفان متجاوران ملفوفان حول حلقة مقفلة من الحديد المطاوع ربط بين طرفي الملف الابتدائي بطارية فرق الجهد بين طرفيها 80 volt و مفتاح على التوالي فاذا كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي 0.4H و مقاومته 16Ω احسب مقدار:

1- المعدل الزمني للتغير بالتيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة غلق الدائرة.

2- معامل الحث المتبادل بين الملفين اذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتثة بين طرفي الملف الثانوي مقدارها 50 volt لحظة اغلاق المفتاح في دائرة الملف الابتدائي.

3- التيار المنساب الثابت في دائرة الملف الابتدائي بعد اغلاق الدائرة.

$$V_{app} = \varepsilon_{ind} \quad , \quad \varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$V_{app} = L\frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow 80 = 0.4\,x\,\frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{80}{0.4} = 200A/s$$

$$\varepsilon_{ind2} = -M\frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow M = \frac{\varepsilon_{ind2}}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} = \frac{50}{200} = 0.25\ H$$

$$I_{const} = \frac{V_{app}}{R} = \frac{80}{16} = 5A$$

س6/ ملف مقاومته 12Ω و كانت الفولطية الموضوعة في دائرته 240 volt و كان مقدار الطاقة المختزنة في الملف عند ثبوت التيار 360J . احسب : 1- معامل الحث الذاتي للملف . 2- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف لحظة غلق الدائرة . 3- المعدل الزمني لتغير التيار لحظة ازدياد التيار في الدائرة الى 80% من مقدارها الثابت.

1- $I_{const} = \frac{V_{app}}{R} = \frac{240}{12} = 20A$

$PE = \frac{1}{2} \text{ x L x } I^2 \rightarrow 360 = \frac{1}{2} \text{ x L x } (20)^2 \rightarrow L = 1.8H$

2- $V_{app} = \varepsilon_{ind} = 240 \text{ volt}$ لحظة غلق الدائرة

3- $I_{ins} = \frac{80}{100} I_{cons} = \frac{40}{100} \text{ x } 20 = 16A$

$V_{app} = I_{ins}R + L \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow 240 = 16 \text{ x } 12 + 1.8 \text{ x } \frac{\Delta I}{\Delta t}$

$240 - 192 = 1.8 \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{48}{1.8} = 26.666 A/s$

س7/ ملف لمولد دائري الشكل مساحته ($4\pi \text{ x } 10^{-4} m^2$) عدد لفاته 60 لفة يدور داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه $\frac{1}{\pi} T$ بسرعة زاوية مقدارها 500 rad/sec و كان المقدار الأعظم للتيار المنساب في الحمل 0.5A . جد مقدار اعظم فولطية محتثة على طرفي الملف و القدرة العظمى المجهزة للحمل.

$\varepsilon_{max} = NA\omega B = 60 \text{ x } 4\pi \text{ x } 10^{-4} \text{ x } 500 \text{ x } \frac{1}{\pi} = 12 \text{ volt}$

$P_{max} = I_{max} \text{ x } \varepsilon_{max} = 0.5 \text{ x } 12 = 6 \text{ Watt}$ القدرة المجهزة للحمل

س8/ ملف سلكي دائري نصف قطره 2 cm و عدد لفاته 100 لفة يدور داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه $\frac{1}{2\pi} T$ بسرعة زاوية منتظمة مقدارها 15π rad/s و كان اعظم مقدار للتيار المنساب في الحمل 0.5A احسب المقدار الأعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف و القدرة المجهزة للحمل المربوط مع الملف.

$A = \pi r^2 = \pi \text{ x } 2 \text{ x } 10^{-4} = 2 \text{ x } 10^{-4}\pi \, m^2$

$\varepsilon_{max} = NA\omega B = 100 \text{ x } 2 \text{ x } 10^{-4}\pi \text{ x } 15\pi \text{ x } \frac{1}{2\pi} = 15\pi \text{ x} 10^{-2} \text{ volt}$

$P_{max} = I_{max} \text{ x } \varepsilon_{max} = 0.5 \text{ x } 15\pi \text{ x} 10^{-2} = 75 \text{ x } 10^{-3} \text{ Watt}$ القدرة المجهزة للحمل

مسائل الفصل الثاني

س1/ملف سلكي دائري الشكل عدد لفاته (40) و نصف قطره (30cm) وضع بين قطبي مغناطيس كهربائي فإذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المار خلال الملف من (0 T) الى (0.5T) خلال زمن قدره (4s). ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف عندما يكون:

أ – متجه مساحة اللفة الواحدة من الملف بموازاة كثافة الفيض المغناطيسي.

ب-متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها (30^o) مع مستوى الملف.

الحـــــــــــــــــــــل:

أ-

$A = \pi r^2 = \pi (0.3)^3 = 0.09\ \pi\ m^2$

$\varepsilon_{ind} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta = -40 \times 0.09 \times \frac{0.5-0}{4} \times 1 = -0.45\ volt$

ب-

$\varepsilon_{ind} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta = -40 \times 0.09\pi \times \frac{0.5}{4} \times \cos 60^o$

$\cos 60^o = 0.5$

$\varepsilon_{ind} = -0.225\pi\ volt$

1-بما أن الملف دائري الشكل نستخدم مساحة الدائرة بالمتر لان كثافة الفيض تقاس بالويبر/متر^2 .

2- بما أن الفيض تزايد من الصفر الى 0.5T فان قطبية ق.د.ك$_{محتثة}$ تكون سالبة.

3- بما أن A يوازي B فان الزاوية $\theta=0$ حيث أن $\cos0=1$.

4- بما أن B يصنع زاوية 30^o مع مستوى الملف فان الزاوية بين A وB تساوي 60^o

---

س2/ حلقة موصلة دائرية مساحتها ($626\ m^2$) و مقاومتها ($9\ \Omega$) موضوعة في مستوى الورقة ، سلط عليها مجـــال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.15 T) باتجـــاه عمودي على مستوى الحلقة ، سحبت الحلقة من جانبيها بقوتي شد متساويتين فبلغت مساحتها ($26cm^2$) خلال فترة زمنية (0.2 s) ، احسب مقدار التيار المحتث في الحلقة.

$\varepsilon_{ind} = -NB\frac{\Delta A}{\Delta t} = -NB\frac{A_2-A_1}{\Delta t} = -1 \times 0.15 \times \frac{(26-626)\times 10^{-4}}{0.2} = 0.045\ V$

$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{0.045}{9} = 0.005\ A$

1-إن سحب الحلقة قد سبب تغير في مساحتها و إن هذا التغير في المساحة قد سبب تغير بالفيض المغناطيسي لوحدة الزمن حيث تتولد القوة الدافعة الكهربائية حسب فرادي و بوجود المقاومة نستخرج التيار المحتث.

2- إن مقدار الزاوية في الحلقة يساوي صفر$\theta=0$

3- عدد اللفات للحلقة الواحدة يساوي واحد N=1

س3/ افرض إن ساق الموصلة طولها (0.1m) و مقدار السرعة التي يتحرك بها (2.5 m/s) و المقاومة الكلية للدائرة (الساق و السكة) مقدارها (0.03Ω) و كثافة الفيض المغناطيسي (0.6T) احسب مقدار:

القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الساق. 2- التيار المحتث في الحلقة .3- القوة الساحبة للساق . 4.القدرة المتبددة في المقاومة الكلية.

الحـــل

$\theta = 90^o$ (تتولد القوة المغناطيسية عندما تكون الزاوية بين متجه كثافة الفيض المغناطيسي B و السرعة υ عمودية لتتولد القوة الدافعة

1- $\varepsilon_{ind} = \vartheta B\ell \sin\theta = 2.5 \times 0.6 \times 0.1 = 0.15\ V$

2- $I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{0.15}{0.03} = 5\ A$

3- $F_{pull} = \frac{\vartheta B^2 \ell^2}{R} = \frac{2.5 \times (0.06)^2 \times (0.1)^2}{0.03} = 0.3N$

4- $P_{dissipated} = \frac{\vartheta^2 B^2 \ell^2}{R} = \frac{6.25 \times 0.36 \times 0.01}{0.03} = 0.75\ watt$

$P_{dissipated} = I^2 R = 25 \times 0.03 = 0.75\ watt$

تتساوى القدرة المتبددة مع القدرة المكتسبة حسب قانون حفظ الطاقة

س4/ إذا كانت الطاقة المغناطيسية المختزنة في ملف تساوي (360 J) عندما كان مقدار التيار المنساب فيه (20A) . احسب :

مقدار معامل الحث الذاتي للمحث.

معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف إذا انعكس التيار خلال (0.1 s) .

الحـــــــــــــــــــــــل

1- $P.E = \frac{1}{2} L I^2$

$360 = \frac{1}{2} \times L \times (20)^2 \longrightarrow L = 1.8\ H = 180\ mH$ (الهنري كمية كبيرة دائما نحول الى الملي هنري)

2- $\varepsilon_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -1.8 \times \frac{-40}{0.1} = 720\ Volt$, $\Delta I = -2\ I1 = -40$

او

عند انعكاس التيار فان الزمن المستغرق يكون نصف الزمن الأول و كما يأتي:

$\Delta t = \frac{0.1}{2} = 0.05\ s$

$\varepsilon_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -1.8 \times \frac{-20}{0.05} = \frac{36}{0.05} = 720\ Volt$

س5/ ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام ، كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.4H) و مقاومته (16 Ω) و معامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.9 H) ، الفولطية الموضوعة في الملف الابتدائي (200 volt) . احسب:

التيار الآني و المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة ازدياد التيار فيها الى 80% من مقداره الثابت و القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف الثانوي في تلك اللحظة.

1-بما أن الملفان بينهما ترابط تام نستطيع إيجاد معامل الحث المتبادل من العلاقة $M = \sqrt{L_1 \times L_2}$

2- من الفولطية الموضوعة في الملف الابتدائي و المقامة نحصل على التيار الثابت.

3- نحصل على التيار الآني من نسبة تزايد التيار مضروبة في التيار الثابت ثم نستخرج المعدل الزمني للتغير بالتيار حيث تكون قطبية ق . د . ك محتثة سالبة.

$I_{constant} = \frac{V_{applied}}{R} = \frac{200}{16} = 12.5\ A$

$I_{ins} = 12.5 \times \frac{80}{100} = 10\ A$

$V_{applied} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} + I_{ins} \times R \rightarrow \quad 200 = 0.4 \times \frac{\Delta I}{\Delta t} + 10 \times 16$

$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 100\ A/s$ في الملف الابتدائي

$M = \sqrt{L_1 \times L_2} = \sqrt{0.4 \times 0.9} = 0.6$

$\varepsilon_{ind(2)} = -M \frac{\Delta I}{\Delta t} = -0.6 \times 100 = -60\ volt$ في الملف الثانوي بقطبية سالبة

مسائل إضافية

واجبات

س1/ ملف يتكون من 50 لفة يتغير فيه التيار من 5A الى الصفر خلال زمن مقداره 0.02s فتتولد على طرفي الملف قوة دافعة كهربائية محتثة بمقدار 10 Volt احسب:

معامل الحث الذاتي للملف . -2 المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي للفة واحدة من لفات الملف . -3 الفيض المغناطيسي الذي يخترق لفة واحدة من لفات الملف عندما يكون التيار المار في الملف 2A.

(L = 0.04 H) , ($\mathcal{E}_{ind}$ = - 0.2 wb/s) , (Φ_B=16 x 10^{-4})

س2/ملف عدد لفاته 600 لفة و مقاومته 60Ω و معامل حثه الذاتي 0.3 H وضعت عليه فولطية مستمرة مقدارها 120 volt عند وصول التيار الى 40% من مقداره الثابت احسب: -1 القوة الدافعة الكهربائية المحتثة . -2 المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي . -3 المعدل الزمني لتغير التيار.

-4 المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي لحظة غلق الدائرة.

($\mathcal{E}_{ind}$=- 72 volt) , ($\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = 0.12wb/s$) , ($\frac{\Delta I_B}{\Delta t} = 240A/s$) , ($\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = 0.2wb/s$)

س3/ملف معامل حثه الذاتي 0.5H و مقاومته 20Ω و عدد لفاته 500 لفة وضعت عليه فولطية مستمرة 60 volt احسب:

المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي خلال لفة واحدة من الملف لحظة غلق الدائرة.

إذا وضع بجواره ملف آخر فما معامل الحث المتبادل بين الملفين إذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي مقدارها 4 volt لحظة مرور تيار مقداره 2A في الملف الابتدائي.

معامل الحث الذاتي للملف الثانوي إذا كان الاقتران تام بين الملفين.

($\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = 0.12wb/s$) , (M = 0.1H) , ($L_2$ = 0.02)

س4/ ملف طوله 30cm و عرضه 20cm مكون من 100 لفة يدور حول محور مواز لطوله بسرعة 50 π rad/s في مجال مغناطيسي كثافة فيضه 0.7 T اوجد مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف أثناء دورانه عندما يمر بالأوضاع الآتية:

مستوى الملف عموديا على اتجاه المجال. -2 مستوى الملف يميل بزاوية 60^o . -3 مستوى الملف مواز للمجال.

($\mathcal{E}_{ind}$ = 0) , ($\mathcal{E}_{ind}$ = 330 volt) , ($\mathcal{E}_{ind}$ = 660 volt)

س5/ ملف عدد لفاته 500 لفة و مساحة اللفة الواحدة $100cm^2$ وضع في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 0.2T بحيث كان مستواه عموديا على المجال احسب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفيه عندما :

-1 يتلاشى المجال خلال زمن قدره 0.1 s . -2 ينعكس اتجاه المجال خلال تلك الفترة.

($\mathcal{E}_{ind}$ = 10 volt) , ($\mathcal{E}_{ind}$ = 20 volt)

س6/ ملف مقاومته 12Ω و كانت الفولطية الموضوعة في دائرته 240 volt و كان مقدار الطاقة المغناطيسية المختزنة في الملف عند ثبوت التيار 360J احسب مقدار :

معامل الحث الذاتي للملف . -2 القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف لحظة غلق الدائرة .

3 -المعدل الزمني لتغير التيار لحظة ازدياد التيار في الدائرة الى 80% من مقداره الثابت.

(L = 1.8 H) , ($\mathcal{E}_{ind}$= - 240 volt) , ($\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{80}{3}$)

س7/وضعت فولطية مستمرة مقدارها 80 volt على ملف معامل حثه الذاتي 0.1 H و مقاومته 10Ω و عدد لفاته 500 لفة احسب المعدل الزمني لتغير التيار و المعدل الزمني لتغير الفيض و القوة الدافعة الكهربائية المحتثة عندما يبلغ التيار الآني 3A.

($\frac{\Delta I}{\Delta t} = 500A/s$) , ($\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = 0.1wb/s$) , ($\mathcal{E}_{ind}$ =50 volt)

الفصل الثالث :التيار المتناوب

التيار المتناوب

هو التيار الذي يتغير دوريا مع الزمن و ينعكس اتجاهه عدة مرات في الثانية الواحدة و يمكن الحصول عليه من مولد التيار المتناوب و يرمز له ac. أما التيار المستمر فيكون ثابت المقدار و الاتجاه بمرور الزمن حيث ينساب التيار فيه عندما تكون الدائرة الكهربائية مقفلة و يمكن الحصول عليه من البطارية و يرمز له dc.

يفضل استعمال التيار المتناوب في الدوائر الكهربائية و ذلك بسبب سهولة نقله الى مسافات بعيدة بفولطية عالية و تيار واطئ باستخدام المحولات الكهربائية للتقليل من الخسائر بالطاقة التي تظهر بشكل حرارة $P = I^2R$ حيث تستخدم محولات رافعة للفولطية في محطات توليد الطاقة الكهربائية و محولات خافضة للفولطية و رافعة للتيار في المدن.(وزاري)

فعند دوران ملف نواة المولد بسرعة زاوية منتظمة و في مجال مغناطيسي منتظم تتولد فولطية محتثة آنية جيبية الموجة V_{ins} حيث نحصل على قيمتين للقوة الدافعة الكهربائية الأولى موجبه عندما تكون زاوية الطور 90^o و سالبة عندما تكون زاوية الطور 270^o حيث ينعكس اتجاه الفولطية دوريا مع الزمن مرتين في الدورة الواحدة.

$V_{ins} = V_m \sin(\omega t)$, $V_{ins} = I_{ins}R$, $V_m = I_mR$

$I_{ins}R = I_mR \sin(\omega t)$

$I_{ins} = I_m \sin(\omega t)$

للتعامل مع الفولطية المتناوبة و التيار المتناوب في الدوائر الكهربائية نرسم مخططا يسمى مخطط متجه الطور او المتجه الدوار:

الشرح في الكتاب ص 94

دائرة تيار متناوب الحمل فيها مقاومة صرف

1- إن مقدار الفولطية و التيار يعطى بالعلاقات الآتية: $I_R= I_m \sin(wt)$, $V_R = V_m \sin(wt)$

2- زاوية فرق الطور تساوي صفر بين متجه الطور للفولطية و متجه الطور للتيار و هذا يعني إنهما متلازمان($\Phi=0$).

3- زاوية الطور تكون متساوية (wt).

4- يكون منحني موجة الفولطية و التيار بشكل جيبي و هذا يعني إنهما أما أن يكونا موجبان معا او سالبان معا لذلك يكون منحني القدرة الآنية موجب دائما (منحني جيب تمام) $P=I\ V$.(القدرة المتبددة) لا تعتمد على اتجاه التيار و إنما مربع التيار($P=I^2R$)(وزاري).

5- يكون عامل القدرة يساوي واحد لان ($\cos 0= 1$)(وزاري).

6- مقدار المقاومة لا يعتمد على تردد الفولطية و التيار.

7- إن المقاومة تستهلك قدرة حقيقية بشكل حرارة و تخضع لقانون جول الحراري حيث يكون منحني القدرة بشكل جيب تمام يتراوح مقداره من الصفر الى مقداره الأعظم الثابت و تردده ضعف تردد الفولطية او التيار حيث تكون:

(موجبان معا او سالبان معا تكون القدرة موجبه)$P= (+ I \times +V)= +P$, $P=(- I \times - V) = + P$

و تكون القدرة المتوسطة لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات تساوي نصف القدرة العظمى $P= 1/2\ I^2\ R$.

المقدار المؤثر للتيار المتناوب I_{eff}

هو مقدار التيار المتناوب المساوي التيار المستمر الذي لو انساب خلال مقاومة معينة فانه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المناسب في المقاومة نفسها و الفترة الزمنية نفسها. و كما يأتي:

$\sqrt{2} = 1.414$

$\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$

$P_{dc} = P_{ac} \rightarrow I^2_{dc} R = I^2_{ac} R$

$I^2_{dc} = I^2_{ac} \rightarrow I_{dc} = I_{eff}$

$I_{ac} = I_m \sin(wt)$

$I^2_{eff} = I^2_m \sin^2(wt) \quad \rightarrow \sin^2(wt) = 1/2$

$I^2_{eff} = 1/2 \; I^2_m$

$I_{eff} = 0.707 \, I_m$

$V_{eff} = 0.707 \, V_m$

ملاحظة /1- لا يمكن استخدام أجهزة قياس التيار المستمر في دوائر التيار المتناوب لان معظم هذه الأجهزة تقيس المقدار المتوسط للتيار المتناوب لذا فان مؤشرها يقف عند تدريجة الصفر عند وضعها في دائرة التيار المتناوب(وزاري).

2- أن أجهزة التيار المتناوب تقيس المقدار المؤثر للتيار و الفولطية.حيث إن العبارة الآتية ((إن مقدار التيار المتناوب في الدائرة يساوي (1 ampere) يعني إن المقدار المؤثر للتيار المتناوب يساوي 1 ampere.

3- إن القدرة المتبددة بوساطة تيار متناوب له أعظم مقدار لا تتساوى مع القدرة التي ينتجها التيار المستمر بأعظم مقدار له أيضا لان التيار المتناوب يتغير دوريا مع الزمن ما بين قيمته الموجبه و السالبة حيث في لحظة معينة يتساوى مقداره الآني مع مقداره الأعظم فتكون قدرته متغيرة مع الزمن بينما قدرة التيار المستمر تكون ثابتة لأنه ثابت المقدار.

(واجب) مصدر للتيار المتناوب فولطيته تعطى بالعلاقة الاتية $V_{ins} = 300 \, Sin \, 500 \, t$ احسب :

1- القيمة العظمى و القيمة المؤثرة للفولطية . 2- التردد الزاوي و تردد المصدر.

(300 volt , $150\sqrt{2}$, 500rad , 250/π)

(واجب) محث صرف ربط الى مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفية 120 volt و تردده 60 Hz فكان التيار للدائرة 1A فاذا ربط هذا المحث الى مصدر اخر فرق الجهد بين طرفيه 60 volt و تردده 120 Hz فما مقدار تيار هذه الدائرة في هذه الحالة؟

(0.25A)

(واجب) متسعة ذات سعة صرف سعتها 8μF ربطت بمصدر للفولطية المتناوبة مقدارها 200 volt و ترددها 50Hz . احسب تيار الدائرة و المقدار الأعظم للفولطية في الدائرة؟

(0.5A , 282.8 volt)

مميزات دائرة تيار متناوب الحمل فيها محث صرف

1- متجه الطور للفولطية يسبق متجه الطور للتيار بربع دورة او 90^o . $\Phi=90^o$. $V_L=V_m Sin(wt+\frac{\pi}{2})$. $I_L=I_m Sin(wt)$

2- يبدي المحث معاكسة للتيار و هي رادة الحث (X_L) لا تخضع لقانون جول لأنها لا تستهلك قدرة بشكل حرارة و تخضع لقانون اوم من حيث تخزن الطاقة في المجال المغناطيسي للمحث ثم يعيدها الى المصدر أثناء التفريغ.لذلك فان منحنى القدرة هو منحنى جيبي تردده ضعف تردد الفولطية او التيار و يساوي صفر لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات حيث تكون الأجزاء السالبة مساوية الى الأجزاء الموجبة وزاري.

3- عامل القدرة يساوي صفر لان cos90=0.

4- إن رادة الحث تتناسب طرديا مع معامل الحث الذاتي بثبوت التردد و طرديا مع التردد بثبوت معامل الحث الذاتي و حسب العلاقة: $X_L=2\pi f L$ (Ω) $w=2\pi f$ (rad/s)

وحسب قانون اوم $I=\frac{V}{X_L}$ (Ω)

يزداد مقدار رادة الحث بازدياد تردد التيار على وفق قانون لنز حيث بازدياد تردد التيار المنساب في الدائرة أي ازدياد المعدل الزمني للتغير في التيار ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) فتزداد بذلك القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في المحث و التي تعمل على عرقلة المسبب لها وفق لنز حيث تعرقل المعدل الزمني للتغير في التيار فتزداد نتيجة لذلك رادة الحث التي تمثل تلك المعاكسة التي يبديها المحث للتغير في التيار(وزاري).

- عند الترددات الواطئة جدا تقل رادة الحث $X_L=2\pi f$ حيث تتناسب طرديا مع تردد التيار و قد تصل الى الصفر عند الترددات الواطئة جدا فيمكن القول أن الملف يعمل عمل مقاومة صرف (لان الملف غير مهمل المقاومة).
- عند الترددات العالية جدا تزداد رادة الحث الى مقدار كبير جدا قد تؤدي الى قطع التيار في الدائرة فيعمل الملف عندئذ عمل مفتاح مفتوح حيث تتناسب رادة الحث عكسيا مع التيار حسب قانون اوم: $I=\frac{V}{X_L}$

إن القدرة المتوسطة في دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات الكاملة تساوي صفر و السبب في ذلك هو عند تغير التيار المنساب في المحث من الصفر الى مقداره الأعظم في احد أرباع الدورة تنتقل الطاقة من المصدر و تختزن في المحث بهيئة مجال مغناطيسي (يمثله الجزء الموجب من المنحنى) . ثم تعاد جميع هذه الطاقة الى المصدر عند تغير التيار من مقداره الأعظم الى الصفر في الربع الذي يليه(يمثله الجزء السالب)(وزاري).

إن المحث عندما يكون صرف لا يستهلك قدرة و لا تعد رادة الحث مقاومة اومية و لا تخضع لقانون جول الحراري لأنها لا تستهلك قدرة (القدرة المتوسطة تساوي صفر)(وزاري).

س/ اثبت ان رادة الحث تقاس بوحدة ohm ؟

$$X_L=2\pi f L=Hz.Henry=(\frac{1}{sec})(\frac{V0lt.sec}{Ampere})=\frac{Volt}{Ampere}=ohm(\Omega)$$

مميزات دائرة تيار متناوب الحمل فيها متسعة ذات سعة صرف

1- متجه الطور للتيار يسبق متجه الطور للفولطية بزاوية فرق طور 90^o

$I_c=I_m Sin(wt + \frac{\pi}{2})$

$. V_c=V_m Sin(wt)$

2- عامل القدرة يساوي صفر لان cos 90=0.

3- لا يستهلك قدرة حقيقية و لا تخضع لقانون جول بل يخضع لقانون اوم حيث تخزن الطاقة في مجالها الكهربائي ثم تعيدها الى المصدر .

4- منحنى القدرة تردده ضعف تردد الفولطية او التيار و معدلها يساوي صفر.

5- تبدي المتسعة معاكسة للفولطية تسمى رادة السعة (X_c) تتناسب عكسيا مع سعة المتسعة بثبوت التردد و عكسيا مع التردد بثبوت سعة المتسعة و حسب العلاقة:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

و حسب اوم فان

$$X_c = \frac{V}{I}$$

ملاحظة: عند ربط صفيحتي متسعة بين طرفي مصدر فولطية متناوبة فان المتسعة ستشحن و تتفرغ بالتعاقب و بصورة دورية لذلك تعتبر دائرتها مغلقة.

- عند الترددات العالية تعمل المتسعة عمل مفتاح مغلق (تعد المتسعة خارج الدائرة) لان عند الترددات العالية جدا تقل رادةالسعة و قد تصل الى الصفر (لان رادة السعة تتناسب عكسيا مع التردد و كذلك عكسيا مع التيار حسب قانون اوم).
- عند الترددات الواطئة جدا تعمل المتسعة عمل مفتاح مفتوح كما يحصل عند وجود المتسعة في دائرة التيار المستمر لأنه عند الترددات الواطئة جدا تزداد رادة السعة الى مقدار كبير جدا قد يقطع التيار في الدائرة.(وزاري)

القدرة المتوسطة في المتسعة لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات الكاملة يساوي صفر و ذلك لان المتسعة تشحن خلال الربع الأول من الدورة ثم تفرغ شحنتها الى المصدر خلال الربع الذي يليه من الدورة و بعدها تشحن بقطبية معاكسة و ثم تتفرغ بالتعاقب.(وزاري)

س/ اثبت ان رادة السعة تقاس بوحدة *ohm*.

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c} = \frac{1}{Hz.Farad} = \frac{1}{(1/sec)(Coulomb/Volt)} = \frac{sec.Volt}{Amper.sec} = \frac{Volt}{Amper} = ohm$$

ربط دائرة R-L-C على التوالي

عند ربط كل من مقاومة صرف و محث صرف و متسعة ذات سعة صرف (R – L – C) على التوالي و المجموعة متوالية مع اميتر يكون :

أ- يتخذ المحور الافقي X كمحور اسناد (محور مرجعي) حيث تكون المتجهات الطورية للتيارات في الدائرة منطبقة على المحور X $(I_R = I_L = I_c = I_T = I)$ يثبت التيار في ربط التوالي.

ب- ان المتجهات الطورية للفولطيات تعمل كل منها زاوية فرق طور Φ مع المحور $\dot{X}$ و كما يأتي :

1- خلال المقاومة الصرف فان المتجه الطوري للفولطية العظمى V_m و المتجه الطوري للتيار I_m متطابقان أي ان زاوية فرق الطور بينهما تساوي صفر $\Phi = 0$. لذا تعطى قيمة الفولطية و التيار بالعلاقات :

$$V_R = V_m \sin(\omega t) \quad , \quad I_R = I_m \sin(\omega t)$$

2- خلال محث صرف فان متجه الطور للفولطية عبر المحث V_L يسبق متجه الطور للتيار بزاوية $+\frac{\pi}{2}$ لذا تعطى الفولطية و التيار بالعلاقات الاتية:

$$V_L = V_m \sin(\omega t + \tfrac{\pi}{2}) \quad , \quad I_L = I_m \sin(\omega t)$$, Φ موجبة في الربع الاول

3- خلال متسعة صرف فان متجه الطور للفولطية عبر المتسعة V_c يتاخرعن متجه الطور للتيار بزاوية $-\frac{\pi}{2}$ لذا تعطى الفولطية و التيار بالعلاقات الاتية:

$$V_c = V_m \sin(\omega t - \tfrac{\pi}{2}) \quad , \quad I_c = I_m \sin(\omega t)$$, Φ سالبة في الربع الرابع

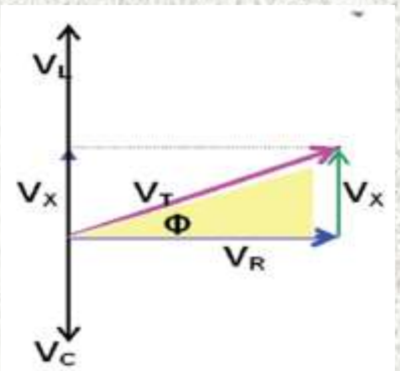
4- نرسم التيار على المحور X و هو ثابت لكل فروع الدائرة ثم نمثل المتجهات الطورية للفولطية حسب مميزات كل فرع فنحسب الفولطية الكلية المحصلة و هي الفولطية المؤثرة من مبرهنة فيثاغورس و كما يأتي:

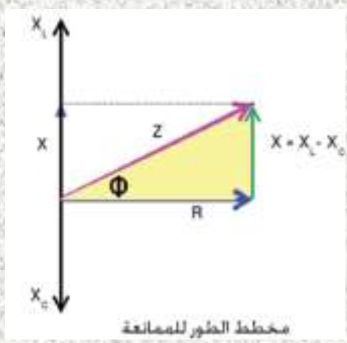
$$V_T^2 = V_R^2 + (V_L - V_c)^2 \quad , \quad V_X = (V_L - V_c)^2$$

5- يمكن حساب زاوية فرق الطور من المخططات الطورية للفولطيات و التيار او من مخطط الممانعة و كما يأتي:

$$\tan\Phi = \frac{V_L - V_c}{V_R} \quad , \quad \tan\Phi = \frac{X}{R} = \frac{X_L - X_c}{R} \quad , X = (X_L - X_c)^2$$

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_c)^2$$





المخططان خواص حثية

مميزات ربط التوالي لدائرة R – L – C

أ- تكون الدائرة ذات خواص حثية عندما يكون :

1- الفولطية عبر المحث اكبر من الفولطية عبر المتسعة.

2- زاوية فرق الطور موجبة في الربع الاول حيث يتقدم متجه الطور للفولطية عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور Φ .

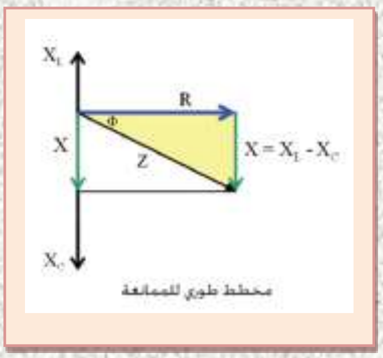
3- يكون مقدار الرادة الحثية اكبر من الرادة السعوية.

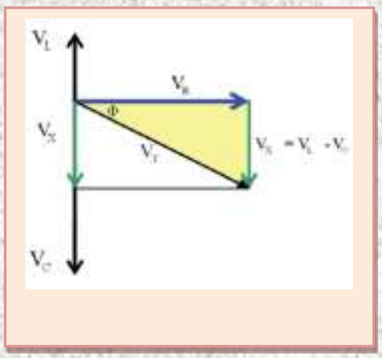
ب- تكون الدائرة ذات خواص سعوية عندما يكون :

1- الفولطية عبر المحث اصغر من الفولطية عبر المتسعة.

2- زاوية فرق الطور سالبة في الربع الرابع حيث يتأخر متجه الطور للفولطية عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور Φ .

3- يكون مقدار الرادة الحثية اقل من مقدار الرادة السعوية.



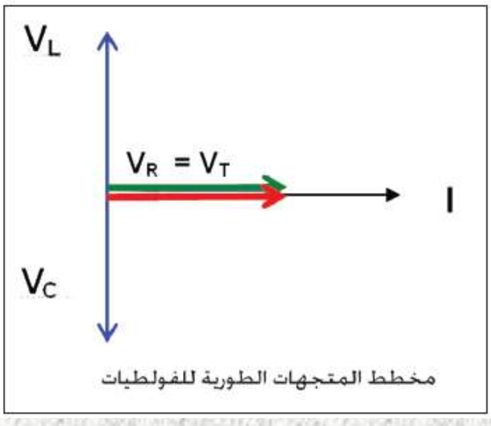


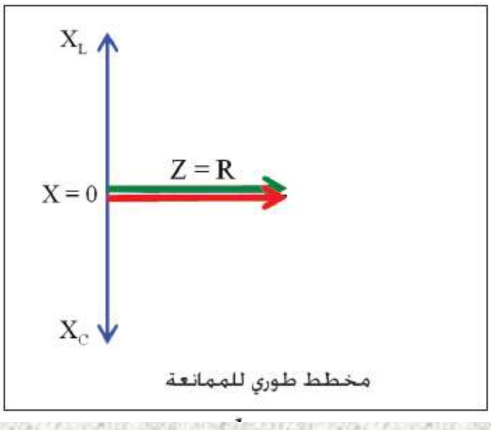
ت- تكون الدائرة المتوالية الربط في حالة الرنين الكهربائي عندما يكون :

1- الفولطية عبر المحث تساوي الفولطية عبر المتسعة . الفولطية الكلية تساوي الفولطية عبر المقاومة.

2- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية و التيار تساوي صفر حيث ينطبق متجه الطور للتيار على متجه الطور للفولطية

3- يتساوى مقدار الرادة الحثية مع مقدار الرادة السعوية لذلك فان مقدار الممانعة يساوي مقدار المقاومة **Z=R**. حيث يبلغ التيار في الدائرة اعظم ما يمكن.





عامـــــــــــــــل القدرة

إن القدرة الكهربائية تستهلك فقط في المقاومة و بشكل حرارة أما القدرة في المحث الصرف فإنها تختزن في مجاله المغناطيسي في احد أرباع الدورة ثم تعاد الى المصدر في الربع الذي يليه و كذلك الحال في المتسعة حيث تختزن القدرة في مجالها الكهربائي في احد أرباع الدورة ثم تعيدها الى المصدر في الربع الذي يليه.حيث يكون:

1- أن القدرة تستهلك فقط في المقاومة و تسمى قدرة حقيقية P_{real} و تقاس بوحدة (*watt*) : $P_{real}= I_R V_R$ أما القدرة الكلية المجهزة للحمل فتسمى القدرة الظاهرية و تقاس بوحدات (volt . ampere) و تعطى بالعلاقة : $P_{app}= I_T V_T$. حيث يكون عامل القدرة يساوي القدرة الحقيقية مقسومة على القدرة الظاهرية حسب العلاقة: $Pf = \frac{P_{real}}{P_{app}} = \cos\Phi$. حيث يعتمد عامل القدرة على زاوية فرق الطور Φ فإذا كان الحمل مقاومة و الدائرة في حالة رنين فان زاوية فرق الطور تساوي صفر فيكون عامل القدر مساويا واحد حيث تتساوي القدرة الحقيقية مع القدرة الظاهرية(وزاري). $P_{real} = P_{app}$.

2- إذا كان الحمل محث او متسعة فان زاوية فرق الطور بين التيار و الفولطية تساوي 90^o فيكون عامل القدرة يساوي صفر لان $\cos 90 = 0$ حيث لا تستهلك قدرة حقيقية(وزاري).

3- إذا كانت الدائرة المتوالية الربط تتكون من ملف (مقاومة و محث) و متسعة و لكنها ليست في حالة رنين فان مقدار عامل القدرة يكون اكبر من الصفر و اقل من الواحد(وزاري).

4- اكبر مقدار لعامل القدرة هو واحد حيث لايمكن للقدرة الحقيقية أن تكون اكبر من القدرة الظاهرية(وزاري).

مميزات دائرة الرنين الكهربائي

1- إن مقدار رادة الحث تساوي مقدار رادة السعة فتكون الرادة المحصلة تساوي صفر فتكون المقاومة تساوي الممانعة

$Z^2=R^2 + (V_L - V_R)$ → $Z^2=R^2 +(0)$→ $Z = R$

فولطية المحث تساوي فولطية المتسعة لذا فان الفولطية الكلية تساوي الفولطية عبر المقاومة $V_T=V_R$

2- زاوية فرق الطور تساوي صفر حيث ينطبق متجه الطور للفولطية مع متجه الطور للتيار.

3- عامل القدرة يساوي واحد لان *cos 0=1* حيث إن القدرة الحقيقية تساوي القدرة الظاهرية.

4- يبلغ التيار أعظم ما يمكن لان الممانعة اقل ما يمكن حيث تساوي فقط المقاومة .لان التناسب عكسي بين التيار و المقاومة حسب قانون اوم $I = \frac{V}{Z}$ ، فتكون القدرة المستهلكة أعظم ما يمكن (مساوية للقدرة الظاهرية).

5- إن مقدار التردد الزاوي و التردد الرنيني يحسب من العلاقات الآتية(وزاري):

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

ملاحظة:

1- إذا كانت دائرة R-L-C المتوالية الربط ذات خواص حثية فان تردد الدائرة يكون اكبر من التردد ألرنيني حيث تكون الرادة الحثية اكبر من الرادة السعوية و إن الفولطية عبر المحث اكبر من الفولطية عبر المتسعة.

2- إذا كانت دائرةR-L-C المتوالية الربط ذات خواص سعوية فان تردد الدائرة يكون اقل من التردد ألرنيني حيث تكون رادة الحث اقل من رادة السعة و فولطية المحث اقل من فولطية المتسعة.

3- إذا كانت دائرة R-L-C المتوالية الربط ذات مقاومة صرف فان تردد الدائرة يساوي التردد ألرنيني و هذا يعني إن الدائرة في حالة رنين(راجع مميزات دائرة الرنين الكهربائي) حيث تتساوى رادة الحث مع رادة المتسعة و فولطية المحث مع فولطية المتسعة و إن الممانعة الكلية للدائرة تساوي المقاومة فقط Z=R.

ω : التردد الزاوي للدائرة , f : هو تردد الدائرة

ω_r : التردد الزاوي ألرنيني للدائرة , f_r: التردد ألرنيني للدائرة

عامل النوعية Q_f

عامل النوعية Q_f: هو النسبة بين مقداري التردد الزاوي الرنيني و نطاق التردد الزاوي.

نطاق التردد الزاوي: هو الفرق بين مقدار التردد الزاوي عند منتصف المقدار الأعظم للقدرة المتوسطة.

$$\Delta\omega = \omega 2 - \omega 1$$

$$\Delta\omega = \frac{R}{L}$$

$$Q_f = \frac{\omega r}{\Delta\omega}$$

$$Qf = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

1- إذا كانت المقاومة كبيرة المقدار يؤدي الى زيادة نطاق التردد الزاوي(التناسب طردي بينهما حسب العلاقة أعلاه) مما يؤدي الى أن يكون عامل النوعية واطئ لان منحنى القدرة المتوسطة واسع و عريض(التناسب عكسي بين عامل النوعية و نطاق التردد الزاوي حسب العلاقة أعلاه).

2- إذا كانت المقاومة صغيرة يصبح منحنى القدرة المتوسطة حادا و عالي حيث يصبح عرض النطاق التردد الزاوي $\Delta\omega$ صغيرا فيكون عامل النوعية عاليا(وزاري).

ملاحظة:عند رسم مخططات الفولطية او الممانعة او مخططات التيار يكون دائما :

-1 الفولطية عبر المقاومة او المقاومة او التيار عبر المقاومة يمثل المجاور لزاوية فرق الطور. SinΦ=$\frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$

-2 الفولطية الكلية او الممانعة او التيار الكلي يمثل الوتر . cosΦ=$\frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}}$

-3 فولطية الرادة او الرادة او تيار الرادة يمثل المقابل لزاوية فرق الطور. tanΦ=$\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$

في ربط التوالي يوجد مخطط للفولطية و مخطط للممانعة فقط و لا يوجد مخطط للتيار

ربط دائرة R-L-C توازي

ربط كل من المقاومة و المحث و المتسعة الصرف على التوازي و مجموعتها ربطت على التوالي بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة حيث يكون:

أ- عند رسم مخطط الطور للتيارات يتخذ المحور X الافقي كمحور اسناد فتكون متجهات الطور للفولطيات منطبقة على المحور X . $V_R = V_L = V_C = V_T = V$ (يثبت مقدار الفولطية في ربط التوازي).

ب- ان متجهات الطور للتيارات يعمل كل منهم زاوية فرق طور Φ مع المحور Ẋ و التيار الرئيس يكون في نقطة التفرع للتيارات المنسابة لذا لا يساوي المجموع الجبري للتيارات الفرعية للمقاومة و المحث و المتسعة و ذلك لوجود زاوية فرق بالطور Φ بين كل المتجهات الطورية لهذه التيارات و متجه الطور للفولطية المنطبق على محور الاسناد Ẋ .علل.

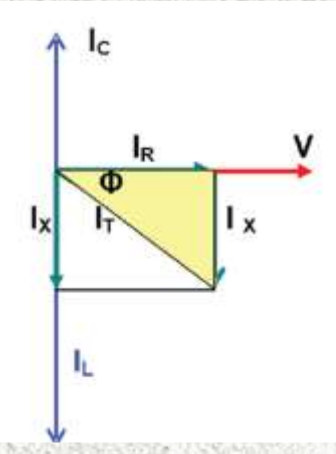
مميزات ربط دائرة R-L-C توازي

أ – تكون الدائرة ذات خواص حثية عندما يكون :

1- مقدار التيار عبر المحث I_L اكبر من مقدار التيار عبر المتسعة I_C .

2- تكون زاوية فرق الطور Φ بين متجه الطور للتيار الكلي I_T و متجه الطور للفولطية سالبة في الربع الرابع حيث يتأخر متجه الطور للتيار الكلي عن متجه الطور للفولطية.

3- يكون مقدار رادة الحث اقل من مقدار رادة السعة.

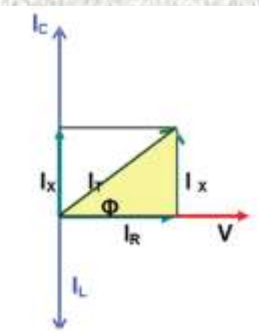


ب- تكون الدائرة ذات خواص سعوية عندما يكون :

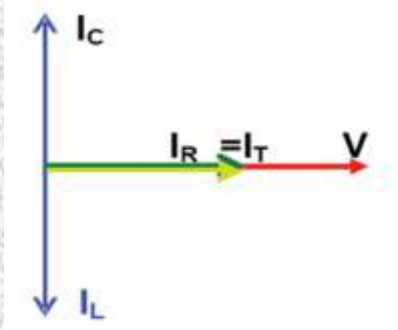
1- مقدار التيار عبر المحث اقل من مقدار التيار عبر المتسعة.

2-تكون زاوية فرق الطور Φ بين متجه الطور للتيار الكلي I_T و متجه الطور للفولطية موجبة في الربع الاول حيث يتقدم متجه الطور للتيار الكلي عن متجه الطور للفولطية.

3- يكون مقدار رادة الحث اكبر من مقدار رادة السعة.



ت- تكون الدائرة ذات خواص مقاومة صرف(اومية) عندما يكون:
1- متجه الطور للتيار عبر المحث يساوي متجه الطور عبر المتسعة.
2- تكون زاوية فرق الطور Φ بين متجه الطور للتيار الكلي و متجه الطور للفولطية صفر حيث يكونا متطابقين.
3- يكون التيار عبر المقاومة يساوي التيار الكلي.



هـ - لحساب التيار الكلي و زاوية فرق الطور نستخدم العلاقات الاتية :

$$I_T^2 = I_R^2 + (I_c - I_L)^2 \quad , \quad \tan\Phi = \frac{I_C - I_L}{I_R}$$

- في ربط التوازي تكون الدائرة ذات خواص حثية عندما تكون رادة الحث اقل من رادة السعة و تكون ذات خواص سعوية عندما تكون رادة الحث اكبر من رادة السعة(عكس ربط التوالي). (لاحظ السؤال 6 في مسائل الفصل الثالث).

- يمكن حساب الممانعة الكلية للدائرة المتوالية الربط بأربعة طرق:

أ – قانون اوم $Z = V_T / I_T$. ب – من مبرهنة فيثاغورس $Z^2 = R^2 + (X_L - X_c)$. ج – عامل القدرة $Pf = \cos\Phi = \frac{R}{Z}$

د – من القدرة الظاهرية $P = I^2 Z$. (حيث يوجد مخطط للفولطية و مخطط للممانعة و لا يوجد مخطط للتيار لأنه ثابت).

- يمكن حساب الممانعة الكلية في ربط التوازي من قانون اوم او عامل القدرة او من القدرة الظاهرية كما ورد أعلاه و لا تحسب من مبرهنة فيثاغورس لأنه لا يوجد مخطط للممانعة و لا مخطط للفولطية و إنما فقط مخطط للتيار.

في ربط التوالي تكون الممانعة اكبر من المقاومة و في ربط التوازي تكون الممانعة اقل من المقاومة و في حالة الرنين تتساوى الممانعة مع المقاومة

(واجب) وضعت فولطية مستمرة قدرها 50 volt على طرفي ملف فاصبح تيار الدائرة 1.25 A و لو وضعت فولطية متناوبة قدرها 50 volt و بتردد $\frac{500}{\pi} Hz$ بدلا من الفولطية المستمرة على طرفي نفس الملف يصبح تيار الدائرة 1A.

1- ما سبب قلة التيار في الحالة الثانية؟
2- جد معامل الحث الذاتي للملف و عامل القدرة و قياس زاوية فرق الطور بين الفولطية و التيار في الحالة الثانية.
($0.03H , 0.8 , 37^o$)

امثلة الكتاب

مثال 1: مصدر للفولطية المتناوبة ، ربط بين طرفيه مقاومة صرف R= 100Ω ، الفولطية في الدائرة تعطى بالعلاقة الاتية:

$$V_R = 424.2 sin(wt)$$

المقدار المؤثر للفولطية. 2- المقدار المؤثر للتيار. 3- مقدار القدرة المتوسطة

الحـــــــــــــــل

1- $V_R = V_m sin(wt)$, : بالمقارنة مع المعادلة المعطاة بالسؤال نحصل على

$V_m = 424.2V$

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{424.2}{\sqrt{2}} = \frac{424.2}{1.414} = 300V$$

2- $I_{eff} = \frac{V_m}{R} = \frac{300}{100} = 3A$

3- $P_{av} = I^2_{eff} R = 9 \times 100 = 900watt$, $P_{av} = I_{eff} V_m = 3 \times 300 = 900watt$

مثال2: ملف مهمل المقاومة (محث صرف) معامل حثه الذاتي ($\frac{50}{\pi} mH$) ربط بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (20V) . احسب كل من رادة الحث و التيار في الدائرة عندما يكون تردد الدائرة :

f = 10Hz . 2- f = 1MHz.

الحـــــــــــــــل:

1- $X_c = 2\pi fL = 2\pi \times 10 \times \frac{50}{\pi} mH \times 10^{-3} = 1\Omega$

$$I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{1} = 20A$$

2- $X_c = 2\pi fL = 2\pi \times 1 \times 10^6 \times \frac{50}{\pi} mH \times 10^{-3} = 10^5 \Omega$

$$I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{10^5} = 20 \times 10^{-5} A$$

مثال 3 : ربطت متسعة سعتها $\frac{4}{\pi} \mu F$ بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه 2.5V . احسب مقدار رادة السعة و مقدار التيار في هذه الدائرة. اذا كان تردد الدائرة : 1- 5Hz . 2- 5×10^5Hz.

الحـــــــــــــــل

1- $X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \times 5 \times \frac{4}{\pi} \mu F \times 10^{-6}} = \frac{10^6}{40} = 25 \times 10^3 \Omega$

$$I = \frac{V_c}{X_c} = \frac{2.5}{25 \times 10^3} = 1 \times 10^{-4} A$$

2- $X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \times 5 \times 10^5 \times \frac{4}{\pi} \mu F \times 10^{-6}} = \frac{1}{4} = 0.25\Omega$

$$I = \frac{V_c}{X_c} = \frac{2.5}{0.25} = 10A$$

- نلاحظ في هذا المثال ان سعة المتسعة تتناسب عكسيا مع الرادة السعوية لذا فان قيمة رادة السعة في المطلب الأول اكبر من رادة السعة في المطلب الثاني .
- و نلاحظ ان رادة السعة تتناسب عكسيا مع التيار لذلك قيمة التيار في المطلب الثاني اكبر من قيمته في المطلب الأول

مثال 4 : ربط ملف معامل حثه الذاتي $\frac{\sqrt{3}}{\pi}mH$ بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق جهده 100V فكانت زاوية فرق الطور Φ بين متجه الطور للفولطية و متجه الطور للتيار 60^o و مقدار التيار المنساب في الدائرة 10A. ما مقدار : 1- مقاومة الملف . 2- تردد المصدر.

1- $Z = \frac{V_T}{I} = \frac{100}{10} = 10\Omega$

$\cos\Phi = \frac{R}{Z}$

$\cos 60 = \frac{R}{10}$, $\frac{1}{2} = \frac{R}{10}$, R= 5Ω

2- $Z^2 = R^2 + {X_L}^2$

$10^2 = 5^2 + {X_L}^2$, ${X_L}^2 = 75$, $X_L = 5\sqrt{3}\Omega$

$X_L = 2\pi f L$

$5\sqrt{3} = 2\pi \text{ x } f \text{ x } \frac{\sqrt{3}}{\pi}\text{mH}$, $f = 2500\text{Hz}$

مثال 5: دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف و متسعة صرف و محث صرف (R – L – C) مربوطة مع بعضها على التوالي و مجموعتها مربوطة مع مصدر للفولطية المتناوبة 200V و كانت :(X_c= 90Ω , X_L= 120Ω , R= 40Ω).

1- الممانعة الكلية . 2- التيار المنساب في الدائرة . 3- زاوية فرق الطور بين متجه الفولطية الكلية و التيار. و ارسم المخطط الطوري للمانعة . و ما خصائص هذه الدائرة ؟. 4- عامل القدرة . 5- القدرة الحقيقية المستهلكة في المقاومة . 6 – القدرة الظاهرية المجهزة للحمل.

الحل

1- $Z^2 = R^2 + (X_L - X_c)^2 = 40^2 + (120 - 90)^2 = 50\Omega$

2- $I = \frac{V_T}{Z} = \frac{200}{50} = 4A$

3- $tan\theta = \frac{(X_L - X_c)}{R} = \frac{120-90}{40} = \frac{3}{4}$

للدائرة خصائص حثية لان $\theta = 37$ ، $X_L > X_c$

4- $Pf = \cos\theta = \frac{R}{Z} = \frac{40}{50} = 0.8$

5- $P_{real} = I^2R = (4)^2 \text{x } 40 = 16 \text{ x } 40 = 640\text{Watt}$

6- $P_{app} = V_T x I_T = 4 \text{ x } 200 = 800 Watt$

مثال6 : دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف R=500Ω و محث صرف L=2H و متسعة ذات سعة صرف C=0.5μF و مذبذبا كهربائيا مقدار فرق الجهد بين طرفيه 100V ثابتا و الدائرة في حالة رنين. احسب مقدار:

1- التردد الزاوي الرنيني.
2- رادة الحث و رادة السعة و الرادة المحصلة.
3- التيار المنساب في الدائرة.
4- الفولطية عبر كل من (المقاومة و المحث و المتسعة و الرادة المحصلة).
5- زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية و التيار و عامل القدرة.

الحل

1- $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{2 \text{ x } 0.5 \text{ x } 10^{-6}}} = 1000 \text{ rad/s}$

2- $X_L = \omega_r L = 1000 \, x \, 2 = 2000\Omega$

$X_c = \frac{1}{\omega_r C} = \frac{1}{1000 \, x \, 0.5 \, x \, 10^{-6}} = 2000\Omega$

$X = X_L - X_c = 0$, ان الرادة الحثية تساوية الرادة السعوية فالدائرة في حالة رنين

3- Z=R=500Ω لان الدائرة في حالة رنين

$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{500} = 0.2A$

4- $V_R = I \, x \, R = 0.2 \, x \, 500 = 100V$

$V_L = I \, x X_L = 0.2 \, x \, 2000 = 400V$

$V_c = I \, x X_c = 0.2 \, x \, 2000 = 400V$

$V_x = V_C - V_C = 400 - 400 = 0$

5- $tan\Phi = \frac{X}{R} = 0$

حيث ان زاوية فرق الطور في الدائرة الرنينية تساوي صفر لان متجه الطور للفولطية و متجه الطور للتيار يكونان بطور واحد في الدائرة الرنينية.

مثال 7: دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي (مقاومة صرف و متسعة ذات سعة صرف و محث صرف) . ربطت المجموعة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه 240V و كان مقدار المقاومة (80Ω) و رادة الحث 20Ω و رادة السعة (30Ω) احسب مقدار : 1- التيار المناسب في كل فرع من فروع الدائرة . 2- احسب مقدار التيار الرئيس المنساب في الدائرة مع رسم مخطط متجهات الطور للتيارات. 3- الممانعة الكلية للدائرة. 4- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الرئيس و متجه الطور للفولطية و ما هي خصائص الدائرة. 5- عامل القدرة . 6- القدرة الحقيقية المستهلكة و القدرة الظاهرية المجهزة للدائرة.

الحـــــــــــــــــــــــــــل:

1- $V_R = V_L = V_C = V_T = 240V$ لان الربط توازي

$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{240}{80} = 3A$, $I_c = \frac{V_c}{R} = \frac{240}{30} = 8A$, $I_L = \frac{V_L}{R} = \frac{240}{20} = 12A$

2- من مخطط الطور للتيارات نحسب التيار الرئيس للدائرة (فيثاغورس)

$I_{total} = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} = \sqrt{3^2 + (8 - 12)^2} = 5A$

3- $Z = \frac{V}{I_{total}} = \frac{240}{5} = 48\Omega$

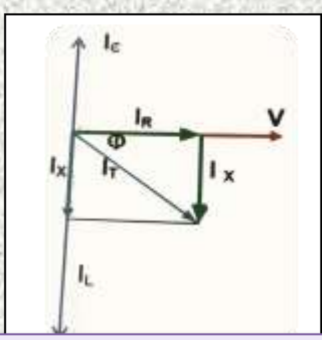
4- $\tan\Phi = \frac{I_C - I_L}{I_R} = \frac{8-12}{3} = -\frac{4}{3}$, Φ= -53°

للدائرة خصائص حثية لان زاوية فرق الطور Φ بين متجه الطور للتيار الرئيس و متجه الطور للتيارات تقع في الربع الرابع

5- $Pf = \cos\Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{3}{5} = 0.6$

6- $P_{real} = I_R \, x \, V_R = 3 \, x \, 240 = 720W$

$P_{app} = I_T \, x \, V_T = 5 \, x \, 240 = 1200VA$



ملاحظة : من السؤال يمكن معرفة خواص الدائرة و هي حثية لان رادة الحث اقل من رادة السعة في الدائرة المتوازية الربط (عكس ربط التوالي) و يكون التيار المار عبر المتسعة اكبر من التيار المار عبر المحث.

أنشطة الفصل :

س/ اشرح نشاط يوضح تاثير تغير تردد التيار f في مقدار رادة الحث X_L .

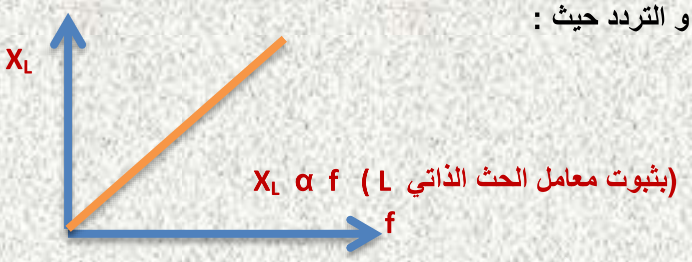


كما في الشكل نربط دائرة كهربائية عملية (تتالف من الملف المهمل المقاومة ، و الاميتر ، و المذبذب الكهربائي و هو مصدر فولطية متناوبة يمكن تغيير جهده على التوالي ، و فولطميتر على التوازي بين طرفي الملف.

نغلق الدائرة و نبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي تدريجيا مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتر).

نلاحظ نقصان قراءة الاميتر و ذلك لان زيادة التردد يؤدي الى زيادة رادة الحث بثبوت معامل الحث الذاتي و ان رادة الحث تتناسب عكسيا مع التيار .

يمكن رسم مخطط بياني يوضح العلاقة الطردية بين رادة الحث و التردد حيث :



س/ اشرح نشاط يوضح تاثير تغير معامل الحث الذاتي (L) في مقدار رادة الحث (X_L) .



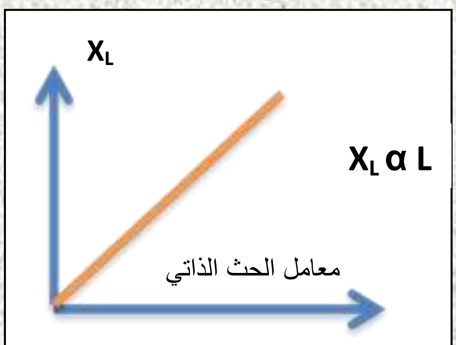
نربط دائرة كهربائية عملية (تتالف من الملف و الاميتر و مصدر فولطية على التوالي و نربط فولطميتر على التوازي بين طرفي الملف).

ندخل قلبا من الحديد المطاوع تدريجيا في جوف الملف مع المحافظة على بقاء الفولطية ثابتة (و ذلك بمراقبة الفولطميتر).

نلاحظ حصول نقصان في قراءة الاميتر و ذلك بسبب ازدياد رادة الحث لان ادخال قلب الحديد المطاوع يزيد معامل الحث الذاتي).

نستنتج ان رادة الحث تتناسب طرديا مع معامل الحث الذاتي بثبوت التردد و ان رادة الحث تتناسب عكسيا مع التيار.

يمكن رسم المخطط البياني الذي يوضح العلاقة الطردية بين معامل الحث الذاتي و رادة الحث.



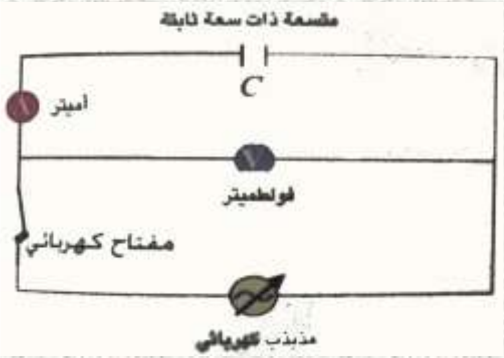
س/ اشرح نشاطا توضح فيه تغيير مقدار تردد فولطية المصدر في مقدار رادة السعة.

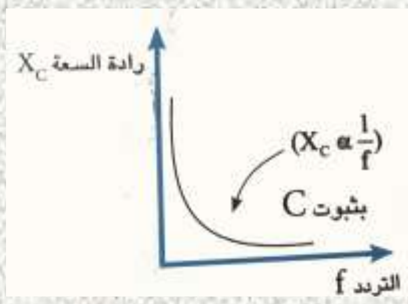
نربط دائرة كهربائية عملية تتالف من المتسعة و الاميتر و المذبذب الكهربائي على التوالي ، و نربط الفولطميتر بين طرفي المتسعة.

نغلق الدائرة و نبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي مع المحافظة على بقاء مقدار فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة ثابتا بمراقبة قراءة الفولطميتر.

نلاحظ ازدياد قراءة الاميتر و ذلك بسبب نقصان مقدار الرادة السعوية التي تتناسب عكسيا مع التيار و مع التردد بثبوت سعة المتسعة.

يمكن رسم المخطط البياني للعلاقة العكسية بين تردد الفولطية و رادة السعة حيث :





س/ اشرح نشاطا يوضح تاثير سعة المتسعة في مقدار رادة السعة.

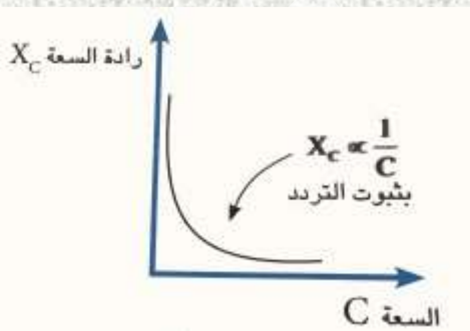
نربط دائرية عملية تتالف من المتسعة و الاميتر و مصدر الفولطية على التوالي و نربط الفولطميتر على التوازي بين صفيحتي المتسعة.

نغلق الدائرة و نلاحظ قراءة الاميتر . ثم نزيد سعة المتسعة تدريجيا (و ذلك بإدخال مادة عازلة كهربائيا بين صفيحتي المتسعة) .

نلاحظ ازدياد قراءة الاميتر حيث يزداد التيار لان زيادة سعة المتسعة أدى الى نقصان الرادة السعوية التي تتناسب عكسيا مع التيار.

يمكن رسم المخطط البياني الذي يوضح العلاقة العكسية بين سعة المتسعة و رادة السعة حيث :





أسئلة عامة و أسئلة وزارية

الأسئلة الكلامية

1. لماذا يفضل استخدام التيار المتناوب في الدوائر الكهربائية؟

لسهولة نقله إلى مسافات بعيدة بأقل الخسائر بالطاقة بفولطية عالية و تيار واطئ من خلال استخدام المحولات الكهربائية.

2. اثبت ان القدرة العظمى تساوي نصف القدرة المتوسطة؟

$P_R = I_R V_R = I_m \sin(wt) . V_m \sin(wt) = I_m V_m \sin^2(wt)$

- $\sin^2(wt) = 1/2$

$\therefore P_R = 1/2 \; I_m V_m$

3. علام يعتمد مقدار الممانعة الكلية لدائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف و متسعة ذات سعة صرف.

مقدار المقاومة و معامل الحث الذاتي و سعة المتسعة و مقدار تردد مصدر الفولطية.

4. مالذي تمثله الأجزاء الموجبة و السالبة في منحنى القدرة الآنية في دائرة تيار متناوب تحتوي فقط محث صرف.

الأجزاء الموجبة من المنحني تمثل مقدار القدرة المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث عندما تنتقل القدرة من المصدر إلى المحث و الأجزاء السال

تمثل مقدار القدرة المعادة للمصدر عندما تعاد جميع هذه القدرة إلى المصدر.

5. علام يعتمد مقدار عامل النوعية في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي R-L-C.

يعتمد على النسبة بين مقداري التردد الزاوي ألرنيني (ω_r) و نطاق التردد الزاوي ($\Delta\omega$) حيث إن $Qf = \omega_r / \Delta\omega$

$Qf = 2\pi fL / R = 1/R \sqrt{(L/C)}$

6. هل يمكن ان يكون عامل القدرة اكبر من الواحد الصحيح؟

لا يمكن ذلك لان القدرة الحقيقية لا يمكن ان تكون اكبر من القدرة الظاهرية , حيث ان عامل القدرة = القدرة الحقيقة\ القدرة الظاهرية.

7. ملف قلبه من الحديد المطاوع ربط على التوالي مع مصدر للفولطية المتناوبة و مصباح . ماذا يحصل لتوهج المصباح إذا أخرجنا ساق الحديد من جوف الملف.

يقل معامل الحث الذاتي للملف و بذلك تقل رادة الحث($X_L = 2\pi fL$) ($X_L \propto L$) (التناسب طردي) حيث تقل الممانعة في الدائرة و يزداد

التيار فيزداد توهج المصباح.(لان التيار يتناسب عكسيا مع الممانعة حسب العلاقة : $I = V/z$).

8. ملف مربوط مع مصباح على التوالي في دائرة تيار متناوب ماذا يحصل لشدة توهج المصباح إذا ربطنا مع اللف محث و متسعة؟.

تقل شدة توهج المصباح و ذلك لان التيار المنساب يقل بسبب زيادة الممانعة نتيجة لتولد رادة حث إضافة للمقاومة.

و كذلك المتسعة يقل توهج المصباح لان التيار يقل أيضا بسبب زيادة الممانعة نتيجة تولد رادة سعوية إضافة لمقاومة المصباح .

---

9. لماذا يفضل استعمال محث صرف في التحكم بتيار التفريغ في مصباح الفلوريسنت و لا تستعمل مقاومة صرف.

لان المحث الصرف لا يستهلك قدرة بينما المقاومة تبدد قدرة.

.: دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف و محث صرف و متسعة ذات سعة صرف (R-L-C) على التوالي مع بعضها و ربطت مجموعتهما مع مصدر للفولطية المتناوبة. وضح كيف يتغير مقدار كل من المقاومة و رادة الحث و رادة السعة ،إذا تضاعف التردد الزاوي للمصدر.

- مقدار المقاومة ثابت لا يتغير مع التردد الزاوي(ω).
- مقدار رادة الحث X_L يتضاعف بمضاعفة التردد الزاوي أي الى (2ω) لان:

♦ان الرادة الحثية تتناسب طرديا مع التردد الزاوي.
♦الرادة السعوية تتناسب عكسيا مع التردد الزاوي.

$X_L = \omega L \quad , \quad X_L \propto \omega \quad , \omega_2 = 2\omega_1$

$X_{L2} / X_{L1} = \omega_2 / \omega_1 \Rightarrow X_{L2} / X_{L1} = 2\omega_1/\omega_1 \Rightarrow X_{L2} = 2X_{L1}$

- يقل مقدار رادة السعة X_C الى نصف ماكان عليه بمضاعفة التردد الزاوي لان:

$X_C = 1/ \omega C \quad , X_C \propto 1/ \omega$

$X_{C2} / X_{C1} = \omega_1 / \omega_2 \Rightarrow X_{C2} / X_{C1} = \omega_1 / 2\omega_1 \Rightarrow X_{C2} / X_{C1} = 1 /2 \Rightarrow X_{C2} = 1/2\ X_{C1}$

---

11. ما أهمية دائرة الرنين المتوالية الربط (R-L-C)؟

ان أهميتها في الطريقة التي تتجاوب فيها هذه الدائرة مع مصادر ذات ترددات مختلفة و التي تجعل القدرة المتوسطة المنتقلة الى الدائرة اكبر مايمكن.

---

12. ما العلاقة بين مقاومة الدائرة المتوالية الربط (R-L-C) و مقدار منحني التيار عند التردد ألرنيني ؟

تكون العلاقة عكسية حيث يكون مقدار المقاومة صغير فان منحني التيار يكون حاد و رفيع و كبير المقدار و عندما تكون المقاومة كبيرة فان منحني التيار واسع و مقداره صغير.

---

13. كيف يمكن تغيير التردد ألرنيني في دائرة تيار متناوب متوالية الربط (R-L-C) ؟

و ذلك بتغيير سعة المتسعة C او معامل الحث الذاتي ($f_r = 1 / 2\pi\sqrt{LC}$).

14. متى يكون تيار الدائرة المتناوبة المتوالية الربط(R-L-C) بأعظم مقدار؟

عندما يتحقق التوليف بين دائرة الاستقبال و الإشارة المطلوب تسلمها حيث يكون تردد دائرة الاستقبال يساوي تردد الإشارة المطلوب تسلمها(رنين).

---

15. علام يعتمد نطاق التردد الزاوي؟

أ – مقاومة الدائرة حيث يتناسب نطاق التردد الزاوي طرديا مع المقاومة .

ب – معامل الحث الذاتي للملف حيث يتناسب نطاق التردد الزاوي عكسيا مع معامل الحث الذاتي. ($\Delta\omega = R / L$).

---

19. في الدوائر الرنينية المتوالية الربط ماذا يحصل عندما تهبط القدرة المتوسطة الى نصف مقدارها الأعظم؟

نحصل على قيمتين للتردد الزاوي على جانبي التردد الزاوي ألرنيني هما ω_1,ω_2 و الفرق بينهما يمثل التردد الزاوي.

20/ اشرح نشاطا يوضح تأثير تغير مقدار تردد فولطية المصدر في مقدار رادة السعة؟

الجواب في الكتاب ص **106** النشاط رقم (**1**)

22/ اشرح نشاطا توضح فيه تأثير تغير معامل الحث الذاتي في مقدار رادة الحث.

الجواب في الملزمة

23/ بين بوساطة رسم مخطط بياني كيف يتغير كل من رادة الحث مع تردد التيار و رادة السعة مع تردد الفولطية؟

الجواب في الملزمة

24/ وضح بنشاط تأثير تغير سعة المتسعة في مقدار رادة السعة.

الجواب في الملزمة

25/ علل يزداد عامل النوعية في الدائرة الرنينية المتوالية الربط كلما كانت مقاومة هذه الدائرة صغيرة؟

لان عندما تكون المقاومة صغيرة فان منحني القدرة المتوسطة يكون حاد جدا فيكون عرض النطاق للتردد الزاوي صغيرا فيكون عامل النوعية عاليا.

26/ربط مصباح كهربائي على التوالي مع محث صرف و مصدر للتيار المتناوب . عند أي من الترددات الزاوية العالية ام الواطئة يكون المصباح اكثر توهجا (بثبوت فولطية المصدر)؟ وضح ذلك

عند الترددات الزاوية الواطئة تقل رادة الحث X_L فيزداد التيار في الدائرة حيث يكون المصباح اكثر توهجا لان الرادة الحثية تتناسب عكسيا مع التيار و طرديا مع التردد الزاوي حسب العلاقتين :

$$X_L=\omega L \quad , \quad I_L = \frac{V_L}{X_L}$$

مسائل وزارية

س1/ دائرة تيار متناوب متوالية الربط الحمل فيها ملف مقاومته **500Ω** و معامل حثه الذاتي **0.2H** و متسعة متغيرة السعة و مصدر للفولطية المتناوبة مقدارها مقدارها **400** volt بتردد $\frac{5000}{\pi}Hz$ احسب مقدار : 1- سعة المتسعة التي تجعل الدائرة في حالة رنين و تيار الدائرة. 2- كل من رادة الحث و رادة السعة. 3- عامل النوعية. 4- سعة المتسعة التي تجعل متجه الطور للفولطية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور $\frac{\pi}{4}$.

$$1 - f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \rightarrow \frac{5000}{\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.2\,C}} \rightarrow C = 50\ nF$$ معادلة التردد الرنيني

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{400}{500} = 0.8A \quad , Z = R$$ الدائرة في حالة رنين

$$2 - X_L = 2\pi f L = 2\,\pi\, x\, \frac{5000}{\pi}\, x\, 0.2 = 2000\ \Omega = X_C$$

$$3- \quad Q_f = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{500}\sqrt{\frac{0.2}{5\,x\,10^{-9}}} = 4$$

4- بما ان متجه الطور للفولطية يتأخر عن متجه الطور للتيار تكون زاوية فرق الطور سالبة حيث:

$$\tan\Phi = \frac{X_L - X_C}{R} \quad , \tan\frac{\pi}{4} = 1$$

$$\tan\left(-\frac{\pi}{4}\right) = \frac{2000 - X_C}{500} = -1 \quad , X_C = 2500\ \Omega$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \rightarrow 2500 = \frac{1}{2\pi\, x\, \frac{5000}{\pi}\, x\, C} \rightarrow C = 40nF$$

(واجب) دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف مقدارها **5Ω** و محث صرف معامل حثه الذاتي $\frac{7}{22}$Hm و متسعة ذات سعة صرف مقدار سعتها $\frac{70}{22}$Hm و مصدر للفولطية المتناوبـــــــة فرق الجهد بين قطبيه **100 volt** فاذا كان تيار الدائرة اعظم ما يمكن احسب:

1- تردد الدائرة 2- الممانعة الكلية للدائرة. 3- تيار الدائرة 4- القدرة الحقيقية و القدرة الظاهرية

5- رادة الحث و رادة السعة و الرادة المحصلة 6- فرق الجهد عبر المحث و المتسعة و الفولطية المحصلة

7- زاوية فرق الطور بين الفولطية و التيار 8- عامل القدرة و عامل النوعية.

(5000Hz , 5Ω , 20A , 2000watt , 2000VA , 10Ω , 10Ω , 0 , 200 v , 200 v , 1 ,2)

س2/ دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف $R= 10\Omega$ و محث معامل حثه الذاتي 200 mH و متسعة ذات سعة صرف $C=20\ \mu F$ و مذبذب كهربائي مقدار فرق الجهد بين طرفيه 100 volt و الدائرة في حالة رنين. احسب : 1- التردد الزاوي الرنيني . 2- التيار المنساب في الدائرة. 3- رادة الحث و رادة السعة و الرادة المحصلة و عامل القدرة و عامل النوعية(الجودة).

$$1-\ \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{200 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-6}}} = 500\ rad/s$$

$$2 - I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{10} = 10A\ ,\ Z = R$$ الدائرة في حالة رنين

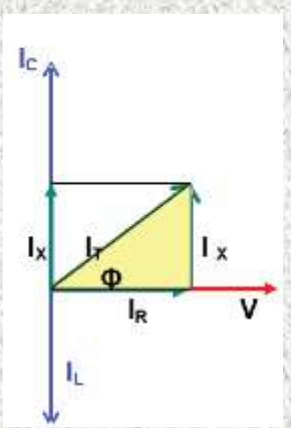
$$3-\ X_L = \omega_r L = 500 \times 200 \times 10^{-3} = 100\ \Omega = X_c$$

$$Pf = cos\Phi = cos0 = 1$$

$$4 - Q_f = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{10}\sqrt{\frac{200 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-6}}} = 10$$

س3/ دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف و متسعة ذات سعة صرف مقدارها $\frac{7}{22}mF$ و محث صرف و مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه 60 volt بتردد 50Hz و كانت القدرة الحقيقية في الدائرة 180 watt و عامل القدرة 0.6 و للدائرة خصائص سعوية.
احسب: 1- التيار في فرع المقاومة و التيار في فرع المتسعة. 2- التيار الكلي. 3- زاوية فرق الطور بين التيار الكلي و الفولطية مع رسم المخططات الطورية للتيارات.

الفولطية تكون ثابتة و نفسها في كل فرع من فروع الدائرة و تساوي الفولطية الكلية لان الربط توازي



$$P_{real} = I_R \times V \rightarrow 180 = I_R \times 60 \rightarrow I_R = 3A$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times \frac{22}{7} \times 50 \times \frac{7}{22} \times 10^{-3}} = 10\ \Omega$$

$$\therefore\ I_c = \frac{V}{X_c} = \frac{60}{10} = 6A$$

$$Pf = cos\Phi = \frac{I_R}{I_T} \rightarrow 0.6 = \frac{3}{I_T} \rightarrow I_T = 5A$$

$$I_T^2 = I_R^2 + I_x^2 \rightarrow 25 = 9 + I_x^2 \rightarrow I_x = 4$$

$$I_x = I_c - I_L \rightarrow 4 = 6 - I_x \rightarrow I_L = 2\ A$$

$$cos\Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{3}{5} \rightarrow \Phi = 53^o$$ *تقع في الربع الأول لان للدائرة خواص سعوية*

$$tan\ \Phi = \frac{I_c - I_L}{I_R} = \frac{6-2}{3} = \frac{4}{3}\ ,\ \Phi = 53^o$$

س4/ دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على محث و مقاومة صرف مقدارها 30Ω و متسعة ذات سعة صرف و مصدرا للفولطية المتناوبة تردده 50 Hz و فرق الجهد بين طرفيه 100 volt و كان مقدار القدرة الحقيقية في الدائرة 120 Watt و مقدار رادة الحث 160Ω و للدائرة خصائص سعوية . جد مقدار التيار في الدائرة و سعة المتسعة ثم ارسم مخطط الممانعة و احسب مقدار قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية و متجه الطور للتيار.

1- بما ان الدائرة متوالية الربط فان التيار يكون ثابت في كل فروع الدائرة .

2- و لان للدائرة خواص سعوية و الربط توالي فان مقدار الرادة سيكون سالب و ان زاوية فرق الطور تقع في الربع الرابع و تكون سالبه و هذا يعني ان الرادة السعوية اكبر من الرادة الحثية.

3- من القدرة الحقيقية المستهلكة و المقاومة (لان القدرة تستهلك في المقاومة فقط) نستخرج التيار عبر المقاومة و هو نفسه التيار الثابت للدائرة لان الربط توالي و كما يأتي:

$$P_{real} = I_R^2\, R \rightarrow I_R^2 = \frac{P_{real}}{R} = \frac{120}{30} = 4 \rightarrow I_R = 2A = I$$

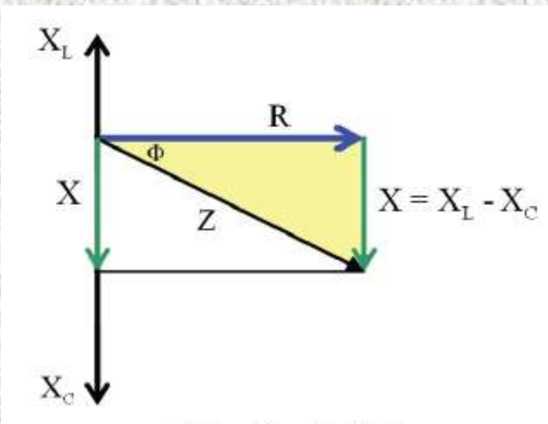
$$Z = \frac{V_T}{I} = \frac{100}{2} = 50\ \Omega$$

$$Z^2 = R^2 + X^2 \rightarrow 2500 = 900 + (-X^2) \rightarrow X^2 = -1600 \rightarrow X = -40$$

$$X = X_L - X_c \rightarrow -40 = 160 - X_c \rightarrow X_c = 200\ \Omega$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \rightarrow 200 = \frac{1}{2\ \pi \times 50 \times C} \rightarrow C = 15.9 \times 10^{-4} F$$

$$\tan \Phi = \frac{X_c - X_L}{R} = \frac{160-200}{30} = -\frac{4}{3} = 1.33\ ,\ \Phi = -53^o$$



مخطط طوري للممانعة

س5/ دائرة تيار متناوب متوالية الربط فيها ملف مقاومته 500Ω و متسعة سعتها 0.5μF و مصدر للفولطية المتناوبة مقدارها 100volt بتردد زاوي 1000 rad/s فكانت الممانعة الكلية للدائرة 500Ω . جد مقدار : 1- رادة الحث و رادة السعة. 2- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار و متجه الطور للفولطية . 3- سعة المتسعة التي تجعل متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور $\frac{\pi}{4}$.

نلاحظ من السؤال ان الممانعة تساوي المقاومة و هذا يعني ان الدائرة في حالة رنين حيث تتساوى الرادة الحثية مع الرادة السعوية و تكون زاوية فرق الطور تساوي صفر و كما يأتي:

$$1 - X_c = \frac{1}{\omega_r C} = \frac{1}{1000 \times 0.5 \times 10^{-6}} \rightarrow X_c = 2000\Omega = X_L$$

$$2 - \tan\Phi = \frac{X_c - X_L}{R} = \frac{2000 - 2000}{500} = 0 \; , \; \Phi = 0$$

$$3 - \tan\left(-\frac{\pi}{4}\right) = \frac{X_c - X_L}{R} = \frac{2000 - X_c}{500} \rightarrow X_c = 2500\Omega$$

وضعت الإشارة السالبة

لان متجه الطور للفولطية يتاخر عن متجه الطور للتيار حيث تكون الزاوية سالبة في الربع الرابع حيث تصبح خواص الدائرة سعوية

$$X_c = \frac{1}{\omega_r C} \rightarrow 2500 = \frac{1}{1000\,C} \rightarrow 25 \times 10^2 \times 10^3 \times C = 1$$

$$C = \frac{1}{25 \times 10^5} \rightarrow C = 4 \times 10^{-2} \times 10^{-5} \rightarrow C = 40\,\mu F$$

س6/ ربط ملف بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة . المقدار المؤثر لفرق الجهد بين قطبيه 200volt بتردد 50Hz و كان تيار الدائرة 2A و مقاومة الملف 60Ω احسب مقدار: 1- معامل الحث الذاتي للملف. 2- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية و متجه الطور للتيار مع رسم مخطط طوري للممانعة . 3- القدرة الحقيقية و الظاهرية. 4- التيار المستمر.

$$1 - Z = \frac{V_{eff}}{I} = \frac{200}{2} = 100\Omega$$

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \rightarrow 100^2 = 60^2 + X_L^2 \rightarrow X_L = 80\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \rightarrow 80 = 2\pi \times 50 \times L \rightarrow L = \frac{80}{2\pi \times 50} = \frac{4}{5\pi}\ H$$

$$\cos\Phi = \frac{R}{Z} = \frac{60}{100} = 0.6 \rightarrow \Phi = 53^o$$

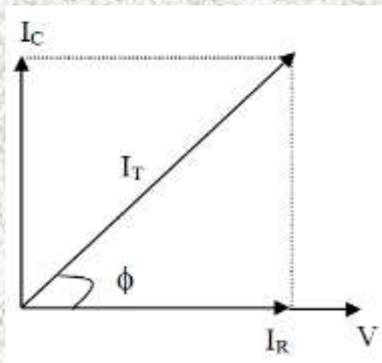
$$P_{app} = I x V = 2 \times 200 = 400\ V.I \quad , P_{real} = I^2 R = 4 \times 60 = 24\ Watt$$

$$I_{dc} = \frac{V_{eff}}{R} = \frac{200}{60} = 3.33\ A$$

س7/ مقاومة 60Ω ربطت على التوازي مع متسعة ذات سعة خالصة و ربطت هذه المجموعة عبر قطبي مصدر للفولطية المتناوبة بتردد 100Hz فاصبحت الممانعة الكلية للدائرة 48Ω و القدرة الحقيقية 960 Watt فما مقدار: 1- سعة المتسعة . 2- عامل القدرة في الدائرة. 3- القدرة الظاهرية المجهزة للحمل. 4- ارسم مخططات المتجهات الطورية.

$$1 - P_{real} = I_R^2 \, x R \rightarrow 960 = I_R^2 \, x \, 60 \rightarrow I_R^2 = \frac{960}{60} = 16 \rightarrow I_R = 4A$$

$$V = I_R \, R = 4 \, x \, 60 = 240 \text{ volt} = V_c = V_T$$



$$I_T = \frac{V}{Z} = \frac{240}{48} = 5A$$

$$I_T^2 = I_R^2 + I_c^2 \rightarrow 25 = 16 + I_c^2 \rightarrow I_c = 3A$$

$$X_c = \frac{V}{I_c} = \frac{240}{3} = 80\Omega$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \rightarrow 80 = \frac{1}{2 \, \pi \, x \, 100 \, x \, C} \rightarrow C = \frac{1}{16\pi} mF$$

$$2 - Pf = cos\Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{4}{5} = 0.8$$

$$3 - P_{app} = I_T \, x \, V_T = 5 \, x \, 240 = 1200 \, V.A$$

للتحويل بين الوحدات

10^{9}	G	كيگا
10^{6}	M	ميكا
10^{3}	k	كيلو
10^{-1}	d	ديسي
10^{-2}	c	سنتي
10^{-3}	m	ملي
10^{-6}	µ	مايكرو
10^{-9}	n	نانو
10^{-12}	p	بيكو
10^{-15}	F	فيمتو

صيغة مهمة من صيغ الأسئلة الوزارية و هي الكميات و وحداتها

ت	الكمية	الوحدة
1	سعة المتسعة C	الفاراد و هي تكافيء: 1- $Coulomb^2/J$ لان : $PE = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ حيث ان $C = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{PE} = \frac{Coulomb2}{J}$ 2- J / V^2 لان $PE = \frac{1}{2} C\,\Delta V^2$ حيث ان $C = \frac{2PE}{\Delta V^2} = \frac{J}{V^2}$ 3- Coulomb / V لان $C = \frac{Q}{V} = \frac{coulomb}{V}$
2	المجال الكهربائي E	$Volt/_m$ لان $E = \frac{V}{d} = \frac{Volt}{m}$
3	كثافة الفيض المغناطيسي B	$Weber / m^2$ لان $B = \frac{\Phi_B}{A} = \frac{weber}{m^2}$ = Tesla
4	القدرة الظاهرية P_{app}	Volt . A لان $P_{app} = V . I = volt . A$
5	المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي $\frac{\Phi_B}{\Delta t}$	Weber / s
6	المعدل الزمني للتغير بالتيار $\frac{\Delta I}{\Delta t}$	A / s
7	شدة الاشعاع I	$watt / m^2$
8	ثابت التناسب كولوم K	$N . m^2 / coulomb^2$
9	ثابت بولتزمان σ	$W / m^2 K^4$
10	الطاقة النسبية	MeV / C^2 ، eV / C^2
11	الزخم الخطي النسبي	MeV / C ، eV / C

مسائل الكتاب

س1/ مصدر للفولطية المتناوبة ربطت بين طرفيه مقاومة صرف مقدارها **250Ω** فرق الجهد بين طرفي المصدر يعطى بالعلاقة الآتية : $V_R = 500 \sin 200\,\pi\, t$.

-1 اكتب العلاقة التي يعطى بها التيار في هذه الدائرة . -2 احسب المقدار المؤثر للفولطية و المقدار المؤثر للتيار.

-3 احسب تردد الدائرة و التردد الزاوي للدائرة.

الحـــل

-1 نقارن المعادلة أعلاه بالمعادلة الآتية $V_R = V_m \sin(\omega t)$ فنحصل على ان مقدار الفولطية العظمى $V_m = 500volt$ و $\omega = 200\pi$

$$I = \frac{V_R}{R} = \frac{500}{250} = 2A \ ,$$

$$I_R = I_m \sin(\omega t) = 2\sin(200\pi\, t)$$ (العلاقة التي يعطى بها التيار في هذه الدائرة)

-2 لحساب المقدار المؤثر للفولطية نستخدم العلاقة:

$$V_{eff} = V_m \times 0.707 = 500 \times 0.707 = 353.5\ V \quad , \quad I_{eff} = I_m \times 0.707 = 2 \times 0.707 = 1.414\ A$$

-3

$\omega = 200\,\pi$ rad/s (التردد الزاوي للدائرة) ⟶ , $\omega = 2\pi f$ ⟶ $200\pi = 2\pi f$ $f = 100\ H_z$

س2/ مذبذب كهربائي مقدار فرق الجهد بين طرفيه ثابت (1.5 V) إذا تغير تردده من ($1\ H_z$) الى ($1\ MH_z$) . احسب مقدار كل من ممانعة الدائرة و تيار الدائرة عندما يربط بين طرفي المذبذب:

أولا : مقاومة صرف فقط ($R = 30\Omega$).

ثانيا:متسعة ذات سعة صرف فقط سعتها ($C = \frac{1}{\pi}$).

ثالثا:محث صرف فقط معامل حثه الذاتي $L = \frac{50}{\pi}$.

أولا : عند ربط مقاومة صرف فقط فإنها لا تتأثر بالتردد فيكون مقدار الممانعة مساويا للمقاومة $Z = R = 30\ \Omega$.

فيكون مقدار التيار في الدائرة حسب العلاقة

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{1.5}{30} = 0.05\ A$$

ثانيا: عند ربط متسعة فقط فان الممانعة تساوي الرادة السعوية التي تتأثر بالتردد حيث يكون مقدارها حسب العلاقة الآتية:

فعندما يكون التردد $f = 1H_Z$

$$Z = X_C = \frac{1}{2\pi f c} = \frac{1}{2\pi \times 1 \times \frac{1}{\pi} \times 10^{-6}} = 0.5 \times 10^6\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{1.5}{0.5 \times 10^6} = 3 \times 10^{-6} = 3\ \mu A$$

و عندما يكون التردد $1MH_Z = 10^6 H_Z$

$$Z = X_C = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{1}{2\pi \times 10^6 \times \frac{1}{\pi} \times 10^{-6}} = 0.5\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{1.5}{0.5} = 3A$$

ثالثا: في حالة ربط محث صرف فقط فان الممانعة تساوي الرادة الحثية حيث تتأثر بالتردد :

فعندما يكون التردد ***f=1HZ***

$$Z = X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 1 \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 0.1\ \Omega \quad , I = \frac{V}{Z} = \frac{1.5}{0.1} = 15\ A$$

و عندما يكون التردد $f = 1MHZ = 10^6$

$$Z = X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 10^6 \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 0.1 \times 10^6\ \Omega \quad , I = \frac{V}{Z} = \frac{1.5}{0.1 \times 10^6} = 15\ \mu A$$

س3/ ربط ملف بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها 20 volt و كان تيار الدائرة (5 A) فإذا فصل الملف عن البطارية و ربط بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة ، المقدار المؤثر لفرق الجهد بين قطبيه 20 volt بتردد $\frac{700}{22}$ HZ كان تيار هذه الدائرة 4A .

احسب مقدار:

1- معامل الحث الذاتي للملف . 2- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية و متجه الطور للتيار مع رسم مخطط طوري للممانعة .

4- عامل القدرة . 4- القدرة الحقيقية و القدرة الظاهرية.

1- من الفولطية المستمرة و التيار المستمر نستخرج المقاومة حيث إن في دائرة التيار المستمر يكون الملف مقاومة صرف فتكون الرادة الحثية تساوي صفر و تردد التيار صفر أيضا لان التيار المستمر ثابت المقدار ة الاتجاه .

2- المقاومة هي نفسها في دائرة التيار المستمر و المتناوب.

3- بعد ربط الملف بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة يكون المقدار المؤثر للفولطية المتناوبة مساويا للفولطية المستمرة و بوجود التيار المتناوب نستخرج ممانعة الدائرة .

4- أصبح الآن لدينا مقاومة و ممانعة و من فيثاغورس نستخرج الرادة الحثية و منها معامل الحث الذاتي ثم عامل القدرة ثم القدرة الحقيقة و بعدها القدرة الظاهرية.

$$1\text{-}\ R = \frac{V}{I} = \frac{20}{5} = 4\ \Omega$$ (من دائرة التيار المستمر)

$$Z = \frac{V_T}{I} = \frac{20}{4} = 5\ \Omega$$ (من دائرة التيار المتناوب)

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \longrightarrow 5^2 = 4^2 + X_L^2 \longrightarrow X_L = 3\ \Omega$$ (من المخطط الطوري للممانعة)

$$X_L = 2\pi fL \longrightarrow 3 = 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{700}{22} \times L \longrightarrow L = 15mH$$

2-

tan Φ = $\frac{X_L}{R} = \frac{3}{4} = 0.75$ ⟶ Φ = 37° (زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية و التيار)

3-

Pf = cos Φ = $\frac{R}{Z} = \frac{4}{5}$ = 0.8 (عامل القدرة)

4-

$P_{real} = I^2 R = 4^2 \times 4 = 64$ watt

$P_{app} = I V_T = 4 \times 20 = 80$ V A

س4/ مقاومة صرف مقدارها 150 Ω ربطت على التوالي مع ملف مهمل المقاومة (محث) معامل حثه الذاتي *(0.2H)* و متسعة ذات سعة صرف ربطت المجموعة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة تردده $\frac{500}{\pi}$ Hz و فرق الجهد بين طرفيه 300 volt احسب مقدار:

1- سعة المتسعة التي تجعل الممانعة الكلية في الدائرة 150 Ω .

2- عامل القدرة في الدائرة و زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية و التيار.

3- ارسم المخطط الطوري للممانعة .

4- تيار الدائرة

5- القدرة الحقيقية المستهلكة و القدرة الظاهرية المجهزة للحمل.

نلاحظ من السؤال إن مقدار المقاومة مساويا الى مقدار الممانعة Z = R و هذا يعني إن الدائرة في حالة رنين فنستخدم قوانين الرنين حيث يكون مقدار الرادة السعوية مساويا الى مقدار الرادة الحثية و زاوية فرق الطور تساوي صفر فيكون عامل القدرة يساوي واحد فتتساوي القدرة الحقيقية مع القدرة الظاهرية. و ينطبق متجه الطور للمقاومة مع متجه الطور للمانعة.

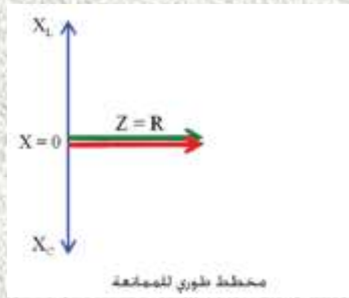
1- Z = R = 150 Ω

و من علاقة التردد الرنيني نستخرج السعة :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad \frac{500}{\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.2 \times C}} \qquad C = 5\mu F$$

2- Pf = cos 0 = 1 (لان زاوية فرق الطور صفر)

3-



4-

$$I = \frac{V}{R} = \frac{300}{150} = 2\ A$$

5-

$P_{real} = I^2 \times R = 2^2 \times 150 = 600\ w$ او $P_{real} = I_R \times V_T \cos 0 = 2 \times 300 \times 1 = 600\ w$

$P_{app} = I_R \times V_T = 2 \times 300 = 600\ VA$

س5/ دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي على مقاومة صرف و متسعة ذات سعة صرف مقدارها $20\mu F$ و محث صرف و مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه 100 volt بتردد $\frac{100}{\pi}$ Hz كانت القدرة الحقيقة للدائرة 80 watt و عامل القدر فيها 0.8 و للدائرة خصائص حثية . احسب مقدار:

1- التيار في فرع المقاومة و التيار في فرع المتسعة. 2- التيار الكلي . 3- زاوية فرق الطور بين التيار الكلي و الفولطية مع رسم مخططات المتجهات الطورية للتيارات. 4- معامل الحث الذاتي للمحث.

الحـــل

1- بما أن الدائرة متوازية يكون فرق الجهد ثابت لكل فروع الدائرة.

2- لاحظ في السؤال وجود قدرة حقيقة و هي تستهلك فقط في المقاومة و منها و من فرق الجهد نستخرج التيار عبر المقاومة.

3- من سعة المتسعة و التردد نستخرج رادة السعة و لدينا فرق جهد ثابت نستخرج التيار عبر المتسعة.

4- من عامل القدرة نستطيع استخراج التيار الكلي(المخطط الطوري للتيارات فيثاغورس).

1- $V_R = V_L = V_c = V_T = 100$ volt

$P_{real} = I\ V_R \longrightarrow 80 = I \times 100 \longrightarrow I = 0.8\ A$

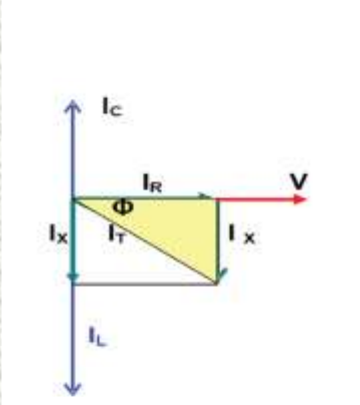
$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \times \frac{100}{\pi} \times 20 \times 10^{-6}} = 250\ \Omega$$

$$I_c = \frac{V}{X_L} = \frac{100}{250} = 0.4\ A$$

2-

$$Pf = \cos \Phi = \frac{I_R}{I_T} \longrightarrow 0.8 = \frac{0.8}{I_T} \longrightarrow I_T = 1\ A$$

3- إن زاوية فرق الطور بين التيار الكلي و الفولطية الكلية تقع في الربع الرابع و تكون سالبة لان للدائرة خصائص حثية حيث تكون رادة الحث اقل من رادة السعة و التيار عبر المحث اقل من التيار عبر السعة فيكون تيار الرادة سالبا :



$$Pf = \cos\Phi = 0.8 \longrightarrow \Phi = 37^o$$

$$I_T^2 = I_R^2 + I_x^2 \longrightarrow 1^2 = 0.8^2 + I_x^2$$

$$I_x = -\ 0.6\ A$$

$$I_x = I_c - I_L \rightarrow -0.6 = 0.4 - I_L$$

$$I_L = 1\ A$$

$$X_L = \frac{V}{I_L} = \frac{100}{1} = 100\Omega\ ,\ X_L = 2\pi fL \rightarrow 100 = 2\pi x \frac{100}{\pi} x1 \rightarrow L = 0.5H$$

س6/ مصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي 400 rad/s و فرق الجهد بين قطبيه 500 volt ربط بين قطبيه على التوالي متسعة سعتها 10μF و ملف معامل حثه الذاتي 0.125H و مقاومته 150Ω ما مقدار:

1- الممانعة الكلية و تيار الدائرة. 2- فرق الجهد عبر المقاومة و المحث و المتسعة . 3- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية و التيار . ما خصائص الدائرة.

الحـــل

1- من التردد الزاوي و سعة المتسعة نستخرج الرادة السعوية و من معامل الحث الذاتي و التردد الزاوي نستخرج الرادة الحثية و بوجود المقاومة لم يتبقى لدينا سوى الممانعة نستخرجها من مخطط الطور(فيثاغورس) للمانعة.

2- أصبح لدينا الآن ممانعة و فرق جهد كلي و منهما نستخرج التيار للدائرة و هو ثابت لكل الفروع لان الربط توالي حيث يكون بإمكاننا استخراج فرق الجهد لكل فرع ثم نستخرج الزاوية من مخطط الممانعة او من مخطط الفولطية.

3- خصائص الدائرة سعوية لان الرادة السعوية اكبر مقدار من الرادة الحثية لان الربط توالي و كذلك الفولطية عبر المتسعة اكبر من الفولطية عبر المحث حيث تكون زاوية فرق الطور سالبة في الربع الرابع.

$$1\text{-}\ X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{400 \times 10 \times 10^{-6}} = 250\ \Omega$$

$$X_L = \omega L = 400 \times 0.125 = 50\ \Omega$$

$$Z^2 = R^2 + (X_L^2 - X_c^2) = 150^2 + (50 - 250)^2 = 250\ \Omega$$

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{V_T}}{\mathbf{Z}} = \frac{500}{250} = 2A$$

$$V_R = IR = 2x\,150 = 300\ volt$$

$$V_L = IR = 2x\,50 = 100\ volt$$

$$V_c = IR = 2x\,250 = 250\ volt$$

$$\tan \Phi = \frac{X_L - X_c}{R} = \frac{50 - 250}{150} = \frac{-4}{3}$$

$\Phi = -53^o$ (للدائرة خواص سعوية حيث تقع الزاوية بالربع الرابع و هي سالبة حيث تأخر متجه الطور للفولطية عن متجه الطور للتيار بهذه الزاوية)

$$Pf = \cos \Phi = \frac{R}{Z} = \frac{150}{250} = 0.6$$

س7/ دائرة تيـــــــــــــار متناوب متوالية الربط الحمل فيها مقاومته 500Ω و متسعة متغيرة السعة. عندما كان مقدار سعتها $50nF$ و مصدر للفولطية المتناوبة مقدارها $400\ volt$ بتردد زاوي $10^4\ rad/s$ كانت القدرة الحقيقة المستهلكة في هذه الدائرة تساوي القدرة الظاهرية المجهزة احسب:

1- معامل الحث الذاتي للملف و تيار الدائرة. 2- رادة الحث و رادة السعة. 3- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية و متجه الطور للتيار ، وما مقدار عامل القدرة. 4- عامل النوعية . 5- سعة المتسعة التي تجعل متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور $\frac{\pi}{4}$.

1- بما إن الربط توالي فان الفولطية ثابتة و تساوي 400 volt.

2- من سعة المتسعة و التردد نستخرج الرادة السعوية التي تساوي الرادة الحثية لان الدائرة في حالة رنين بسبب تساوي القدرة الحقيقية و الظـــاهرية و منها نستخرج معامل الحث الذاتي.

3- إن عامل القدرة يساوي واحد لان زاوية فرق الطور تساوي صفر في الدائرة الرنينية.

4- من زاوية فرق الطور الثانية نستطيع إيجاد سعة المتسعة التي تجعل الفولطية تتأخر عن التيار حيث تكون الزاوية سالبة.

$$\mathbf{1-}\ X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{10^4 \times 50 \times 10^{-9}} = 200\ \Omega$$

$P_{real} = P_{app}$

$Pf = \cos \Phi = 1$ الدائرة في حالة رنين

$X_c = X_L = 2000\ \Omega$

$X_L = \omega L \rightarrow 2000 = 10^4 \times L \rightarrow L = 0.2\ H$

$I = \frac{V}{Z} = \frac{400}{500} = 0.8\ A$ تيار الدائرة

$\tan\Phi = \frac{X_L - X_C}{R} = 0$

$$Qf = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{500}\sqrt{\frac{0.2}{50 \times 10^{-9}}} = 4$$

$\tan\Phi = \frac{X_L - X_C}{R}$

$\tan(-\frac{\pi}{4}) = \frac{2000 - X_c}{500} = -1 \qquad (\tan\frac{\pi}{4} = 1)$

$X_c = 2500\ \Omega$

$X_c = \frac{1}{\omega C}$

$2500 = \frac{1}{10^9 \times C}$

C = 40 nF

مسائل إضافية

واجبات

س1/ دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على ملف و مصدر فولطية متناوبة مقدارها 100 volt وكان مقدار التيار في الدائرة 5A و القدرة الحقيقية 400w احسب مقدار:

1- عامل القدرة و قياس زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية و التيار.

2- معامل الحث الذاتي للملف إذا كان تردد الفولطية في الدائرة 60Hz.

$(Pf = 0.8\ ,\ \Phi= 37^{o}\ ,\ L= \frac{1}{10\pi}\ H)$

س2/ وضعت فولطيـــــة مستمرة مقدارها 80 volt على طرفي ملف فكان تيار الدائرة 10A و لو وضعت فولطية متناوبة مقدارها 80 volt بتردد 60Hz على طرفي الملف نفسه بدلا من الفولطية المستمرة أصبح تيار الدائرة 8A . احسب :

1- معامل الحث الذاتي للملف. 2- عامل القدرة و زاوية فرق الطور. 3- القدرة المستهلكة في الملف في الحالتين.

$(L = \frac{1}{20\pi}\ H\ ,\ Pf = 0.8\ ,\ \Phi=37^{o}\ ,\ P_{real} = 6400\ w\ ,\ P_{dc}= 800\ w)$

س3/ وضعت فولطية مستمرة قدرها 50 volt على طرفي ملف فاصبح التيار في الدائرة 1.25A و لو وضعت فولطية متناوبة قدرها 50 volt و بتردد $\frac{500}{\pi}$ Hz بدلا من الفولطية المستمرة على طرفي نفس الملف يصبح التيار 1A .

1- ما سبب قلة التيار في الحالة الثانية. 2- جد معامل الحث الذاتي للملف و عامل القدرة و قياس زاوية فرق الطور بين الفولطية و التيار في الحالة الثانية.

$(L=0.03\ H\ ,\ Pf = 0.8\ ,\ \Phi= 37^{o})$

س4/دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي على ملف مهمل المقاومة معامل حثه الذاتي 0.12 H و متسعة ذات سعة صرف و مقاومة صرف مقدارها 40Ω و مصدر للفولطية المتنـــــــاوبة ترددة الزاوي 100 rad/s فإذا كانت القدرة الحقيقية في الدائرة 360w و الممانعة الكلية للدائرة 24 Ω و للدائرة خصائص حثيه فما مقدار :

1- سعة المتسعة . 2- عامل القدرة . 3- زاوية فرق الطور بين الفولطية و التيار.

$(C=5\times10^{-4}\ F\ ,\ Pf = 0.6\ ,\ \Phi=- 53^{o})$

س5/دائرة رنينيه متوالية الربط تتألف من مقاومة مقدارها 10 Ω و محث معامل حثه الذاتي 0.5 H و متسعة ذات سعة صرف و مصدر للفولطية المتناوبة فرق جهده 100volt و تردده $\frac{100}{\pi}$ Hz احسب:

1- سعة المتسعة . 2- فرق جهد المحث و فرق جهد المتسعة . 3- عامل القدرة و عامل النوعية.

$(C=5\times10^{-5}\ ,\ V_{L} =1000v\ ,\ V_{c} = 1000\ v\ ,\ Pf = 1\ ,\ Qf = 10)$

س6/ ربط ملف و مقاومة صرف و متسعة ذات سعة صرف متغيرة السعة على التوالي مع مصدر للفولطية المتناوبة مقدارها 240volt بتردد $\frac{500}{\pi}$ Hz فإذا كانت مقاومة الملف 10 Ω و مقدار المقاومة المربوطة في الدائرة 30Ω و مقدار رادة الحث 120Ω و مقدار رادة السعة 90 Ω احسب مقدار:

1- معامل الحث الذاتي للملف و سعة المتسعة . 2- الممانعة الكلية للدائرة و تيار الدائرة و قياس زاوية فرق الطور بين الفولطية و التيار.

3- سعة المتسعة التي تجعل الدائرة في حالة رنين بالتردد نفسه. ارسم مخطط الممانعة للدائرة الرنينية.

4- التيار و عامل النوعية في الدائرة الرنينية.

$(L=0.12\ H\ ,\ C= \frac{1}{9}\times10^{-4}\ F\ ,\ Z=50\Omega\ ,\ I_{T}=4.8A\ ,\Phi =37^{o}\ ,\ C=\frac{1}{12}\times10^{4}F\ ,\ I = 6A\ ,Qf = 3)$

الفصل الرابع :البصريات الفيزيائية

- ان الشحنة الكهربائية الساكنة تولد مجال كهربائي (كهروستايكي).
- ان الشحنة الكهربائية المتحركة او المعجلة فانها تولد مجال كهربائي و مجال مغناطيسي.
- عند تغيير المجال المغناطيسي بالقرب من موصل تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة بالحث الكهرومغناطيسي و ينتج تيار محتث أي يتولد مجال كهربائي.
- وجد العالم ماكسويل ان المجال المغناطيسي لا ينشأ فقط عند وجود تيار توصيل اعتيادي و انما ينشأ أيضا عند وجود مجال كهربائي متغير . كما في حالة تغيير المجال الكهربائي بين لوحي المتسعة عند شحنها او تفريغها.
- ان المجالين الكهربائي و المغناطيسي متلازمين فاذا تغير أي منهما يتولد مجالا من النوع الاخر بحيث يكون المجال المتغير يكافيء في تاثيره للمجال المتولد و يكون عموديا عليه و متفقا معه في الطور .
- ان الموجات الكهرومغناطيسية هي موجات مستعرضة تنتج من تعامد المجالين الكهربائي و المغناطيسي و يكون كلاهما عموديا على خط انتشار الموجة بحيث تتوزع طاقة الموجة بالتساوي على المجالين.
- الطيف الكهرومغناطيسي : هو مدى واسع من الاطوال الموجية(الترددات) و التي بضمنها الضوء المرئي تختلف عن بعضها البعض تبعا لطريقة تولدها و مصادرها و تقنية الكشف عنها و قابلية اختراقها الأوساط .

اهم خصائص الموجات الكهرومغناطيسية:

1- تنتشر في الفراغ بخطوط مستقيمة و تنعكس و تنكسر و تتداخل و تستقطب و تحيد عن مسارها .

2- تتألف من مجالين كهربائي و مغناطيسي متلازمين و متغيرين مع الزمن و بمستويين متعامدين مع بعضهما و عموديين على خط انتشار الموجه و يتذبذبا ن بالطور نفسه.

3- هي موجات مستعرضة لان المجالين الكهربائي و المغناطيسي يتذبذبان عموديا على خط انتشار الموجة الكهرومغناطيسية .

4- تنتشر في الفراغ بسرعة الضوء و عند انتقالها في وسط مادي تقل سرعتها تبعا للخصائص الفيزياوية لذلك الوسط. و تتولد نتيجا تذبذب الشحنات الكهربائية و يمكن توليد بعضا منها بوساطة مولد الذبذبات.

5- تتوزع طاقة الموجه الكهرومغناطيسية بالتساوي بين المجالين الكهربائي و المغناطيسي عند انتشارها في الفراغ.

ظاهرة التداخل في الضوء: وهو إعادة توزيع الطاقة الضوئية الناشئة عن تراكب سلسلتين او أكثر من الموجات الضوئية المتشاكهة عند انتشارها بمستوى واحد و في إن واحد و في الوسط نفسه.

إن التداخل يتم وفق مبدأ تراكب الموجات حيث تكون إزاحة الموجة المحصلة عند أي لحظة تساوي حاصل جمع إزاحتي الموجتين المتراكبتين عند اللحظة نفسها.

و إن التداخل المستديم يحصل في الحالات الآتية:

1. إذا كانت الموجتان متشاكهتين و هذا يعني إنهما يجب أن يكونا متساويتين في التردد و السعة او متقاربتين في السعة و فرق الطور بينهما ثابت(وزاري).
2. إذا كان اهتزازهما في مستوى واحد و في وسط واحد و تتجهان نحو نقطة واحدة و في آن واحد.

المسار البصري$\Delta\ell$: هو الإزاحة التي يقطعها الضوء في الفراغ بالزمن نفسه الذي يقطعه في الوسط المادي الشفاف.

حيث انℓ_1 طول المسار البصري للموجة الأولى ، ℓ_2 طول المسار البصري للموجة الثانية

$$\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1$$

إن الذي يحدد فرق الطور Φ بين موجتين متداخلتين (تداخل بناء او إتلاف) و الواصلتين الى النقطة P هو فرق المسار البصري $\Delta\ell$. و حسب العلاقة الآتية:

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta\ell$$

حيث يكون:

1- إذا كان نوع التداخل بناء و يسمى تداخل تقوية عندما يكون للموجتين الطور نفسه و السعة نفسها عند نقطة معينه فان الموجتين تتحدان عند تلك النقطة و تكون سعة الموجه الناتجة ضعف سعة أي من الموجتين. و هو ناتج من تراكب قمتين او قعرين لموجتين حيث تظهر مناطق مضيئة . و هذا يعني إن فرق المسار البصري يساوي صفرا او أعداد صحيحة من طول الموجة $\Delta\ell = 0, 1\lambda, 2\lambda, 3\lambda$. فيكون فرق الطور مساويا الى صفر او أعداد زوجية من (π rad $\Phi = 0, 2\pi, 4\pi, 6\pi, 8\pi$) و على هذا الأساس يكون شرط التداخل هو:

$\Delta\ell = m\lambda$ (وزاري) $m = 0,1,2,3,4$ ....

للتوضيح:

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta\ell = \frac{2\pi}{\lambda}.0 = 0 \ , \Phi = \frac{2\pi}{\lambda}.1\lambda = 2\pi \ , \Phi = \frac{2\pi}{\lambda}.2\lambda = 4\pi \ , \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

2- إذا كان نوع التداخل إتلاف و يسمى إضعاف عندما يكون للموجتين طورين متعاكسين و سعتين متساويتين و هو ناتج من تراكب قمة موجه مع قعر موجه أخرى حيث إن تأثير احدهما يمحو تأثير الأخرى فتكون السعة الناتجة تساوي صفر حيث تظهر مناطق مظلمة. و هذا يعني إن فرق المسار البصري بين الموجتين يساوي أعداد فردية من نصف طول الموجة $\Delta\ell = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda$. فيكون فرق الطور مساويا الى أعداد فردية من (π rad) .... $\Phi = \pi, 3\pi, 5\pi$. و على هذا الأساس يكون شرطة التداخل الإتلاف هو:

$\Delta\ell = (m+\frac{1}{2})\lambda$ (وزاري) $m = 0,1,2,3,4$............

إذا كــــان فرق المسار البصري بين موجتين ضوئيتين متشاكهتين متراكبتين يساوي أعداد صحيحة من طول الموجــة فان التداخل بناء(هدب مضيء) و إذا كان أعداد فردية من نصف طول الموجة فان التداخل إتلاف(هدب مظلم) و إذا كــــان صفر فان التداخل بناء(هدب مركزي مضيء). وهذا يعني إن فرق المسار البصري هو الذي يحدد نوع التداخل.

تجربة شقي يونك

إن الغرض من تجربة يونك هو إثبات الطبيعة الموجية للضوء و قياس الطول ألموجي المستعمل في التجربة(وزاري).

استعمل يونك في تجربته حاجزا ذي شق ضيق أضيء بضوء أحادي اللون و من ثم يسقط الضوء على حاجز يحتوي شقين متماثلين ضيقين يسميان بالشق المزدوج يقعان على بعدين متساويين عن شق الحاجز الأول ثم وضع على بعد بضعة أمتار منهما شاشة حيث ظهرت على الشاشة مناطق مضيئة و مناطق مظلمة على التعاقب سميت بالهدب.

إن سبب حصول الهدب المضيئة و المظلمة المتعاقبة هو إن الشقين المضاءين بضوء أحادي اللون هما مصدران ضوئيان متشاكهان و الموجات الصادرة عنهما يكون فرق الطور فيها ثابت في الأزمان جميعها و هذا هو الشرط الأساسي لحصول التداخل و إن نوع التداخل في أية نقطة يعتمد على فرق المسار البصري للوصول الى تلك النقطة(وزاري).

الهدب المركزي: هو هدب مضيء يظهر على الشاشة و يكون مقابل الى منتصف المسافة بين الشقين و يكون فرق المسار البصري له يساوي صفر لذا فهو مضيء.

و بما ان البعد بين الشقين d صغير جدا مقارنة ببعدهما عن الشاشة L ((أي أن d<<L)) فان فرق المسار البصري يعطى بالعلاقة الآتية و حسب نوع التداخل و شروطه:

$$\Delta\ell = d\sin\theta$$

فإذا كان التداخل بناء سنحصل على هدب مضيء و حسب العلاقة : $d\sin\theta = m\lambda$

و إذا كان التداخل إتلاف سنحصل على هدب مظلم و حسب العلاقة: $d\sin\theta = (m+\frac{1}{2})\lambda$

حيث تكون قيم مرتبة الهدب $m = 0, \mp1, \mp2, \mp3, \mp4$

لحساب بعد مركز الهداب المضيء او المظلم عن مركز الهداب المركزي المضيء (y) وفق العلاقة الآتية:

$$\tan\theta = \frac{y}{L}$$

θ: تمثل زاوية الحيود

y : يمثل بعد مركز الهداب المضيء او المظلم عن مركز الهداب المركزي المضيء

L: يمثل بعد الشاشة عن حاجز الشقين

إن زاوية الحيود صغيرة جدا لذا فان $\tan\theta \equiv \sin\theta$ فيكون :

(بعد مركز الهداب المضيء او المظلم عن مركز الهداب المركزي المضيء) $y = L\tan\theta \equiv L\sin\theta$

و كذلك يمكن تعيين مواقع الهدب المضيئة و المعتمة عن المركز O :

فإذا كان الهدب مضيء نستخدم العلاقة :

$$y_m = \frac{\lambda L}{d} m \qquad , m=0,\mp1 , \mp2 , \mp3 , \mp4$$

و إذا كان الهدب مظلم نستخدم العلاقة:

$$y_m = \frac{\lambda L}{d}(m+1) \qquad , m=0,\mp1 , \mp2 , \mp3 , \mp4$$

و يمكننا أيضا حساب فاصلة الهدب Δy و تسمى أيضا البعد بين هدب التداخل او البعد بين هدبين متتاليين مضيئين او مظلمين من العلاقة:

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$$

من العلاقة أعلاه نلاحظ:

1- يزداد مقدار فاصلة الهدب عندما يزداد بعد الشقين عن الشاشة(L) لان التناسب طردي بينهما.

2- يزداد مقدار فاصلة الهدب إذا قل البعد بين الشقين(d) لان التناسب عكسي بينهما.

3- يزداد مقدار فاصلة الهدب عند ازدياد الطول الموجي للضوء الأحادي المستعمل في تجربة يونك.

ملاحظات :

1- إذا استعمل ضوء ابيض في تجربة يونك فان الهدب المركزي يظهر بلون ابيض و على كل من جانبيه تظهر أطياف مستمرة للضوء يتدرج كل طيف من اللون البنفسجي الى اللون الأحمر(وزاري).

2- عند استعمال ضوء احمر في تجربة يونك نشاهد أن المسافات بين هدب التداخل اكبر مما هي عليه إذا استعملنا ضوء ازرق لان الطول الموجي للضوء الأحمر اكبر من الطول الموجي للضوء الأزرق و أن المسافات بين هدب التداخل تتناسب طرديا مع الطول الموجي.

3- إذا غمرت جميع أجزاء تجربة يونك في الماء فان البعد بين هدب التداخل سوف يقل بسبب نقصان مقدار الطول الموجي و إن البعد بين هدب التداخل يتناسب طرديا مع الطول الموجي.

4- إذا استخدم ضوء مركب في تجربة يونك فان الهدب المركزي يظهر بلون الضوء الساقط و على جانبيه تتولد مجموعة من الهدب لكل طول موجي من مكونات ذلك الضوء.

لاحظ : رتبة الهدب المضيء (m) تكون نفس الرقم الذي يعطى في السؤال أما رتبة الهدب المظلم تقل بمقدار واحد عن الرقم المعطى في السؤال و إن رتبة الهدب المركزي المضيء تساوي صفر. كما في الأمثلة الآتية:

m=0 للهدب المركزي المضيء ، m=1 للهدب المضيء الأول ، m=2 للهدب المضيء الثاني

m= 0 للهدب المظلم الأول ، m=1 للهدب المظلم الثاني ، m=2 للهدب المظلم الثالث

التداخل في الأغشية الرقيقة

إن تلون بقع الزيت الطافية على سطح الماء بألوان زاهية و أغشية فقاعة الصابون ملونة بألوان الطيف الشمسي و إن السبب في ذلك هو التداخل بين موجات الضوء المنعكسة عن السطح الأمامي و السطح الخلفي للغشاء الرقيق(وزاري).

إن التداخل في الأغشية الرقيقة يعتمد على عاملين هما(وزاري):

1. **سمك الغشاء :** إذ أن الموجات المنعكسة عن السطح الخلفي تقطع زيادة على الذي تقطعه الموجات المنعكسة عن السطح الأمامي مسارا يساوي ضعف سمك الغشاء.
2. **انقلاب الطور:** الموجات المنعكسة عن السطح الأمامي يحصل لها انقلابا في الطور مقداره π rad. و ذلك لان كل موجه تنعكس عن وسط معامل انكساره اكبر من معامل انكسار الوسط الذي قدمت منه ، و القسم الآخر من موجات الضوء تنفذ في الغشاء و تعاني انكسارا و عند انعكاسها عن السطح الخلفي للغشاء الذي سمكه t لا تعاني انقلابا بالطور بل تقطع زيادة على ذلك مسارا بصريا يساوي ضعف السمك البصري للغشاء 2nt فيحصل تداخل بين الموجتين المنعكستين عن السطح الأمامي و الخلفي للغشاء و حسب مقدار فرق الطور بينهما.

لمعرفة نوع التداخل في الأغشية الرقيقة يكون حسب العلاقة الآتية:

$$\Delta\ell = 2nt + \frac{1}{2}\lambda$$

$\Delta\ell$: فرق المسار البصري بين الموجتين.

t : سمك الغشاء الخلفي ، nt : السمك البصري للغشاء

1. عندما يكون التداخل بناءا إذا كان السمك البصري nt مساويا لأعداد فردية من ربع طول موجة الضوء الأحادي الساقط حيث يكون:

$nt = 1 \times \frac{1}{4}\lambda , 3\frac{1}{4}\lambda , 5\frac{1}{4}\lambda , 7\frac{1}{4}\lambda$

فيكون ضعف السمك البصري للغشاء أعداد فردية من أنصاف طول الموجة حيث يكون:

$2nt = 2 \times \frac{1}{4}\lambda , 6 \times \frac{1}{4}\lambda , 10 \times \frac{1}{4}\lambda , 14 \times \frac{1}{4}\lambda , ...$

حيث بعد تعويض قيمة 2nt في العلاقة أعلاه تكون قيمة المسار البصري $\Delta\ell = \lambda , 2\lambda , 3\lambda , 4\lambda$

فيظهر الغشاء مضاء بلون الضوء الساقط عليه.

2- عندما يكون التداخل إتلاف إذا كان السمك البصري nt مساويا أعداد زوجية من ربع طول الموجة للضوء الأحادي الساقط حيث يكون:

$nt = 2 \times \frac{1}{4}\lambda , 4 \times \frac{1}{4}\lambda , 6 \times \frac{1}{4}\lambda , 8 \times \frac{1}{4}\lambda , 10 \times \frac{1}{4}\lambda$

فيكون ضعف السمك البصري للغشاء أعداد صحيحة من طول الموجة :

$2nt = \frac{4}{4}\lambda , \frac{8}{4}\lambda , \frac{12}{4}\lambda , \frac{16}{4}\lambda ....$

حيث بعد تعويض قيمة 2nt في العلاقة أعلاه تكون قيمة المسار البصري .... $\Delta\ell = \frac{3}{2}\lambda , \frac{5}{2}\lambda , \frac{7}{2}\lambda$

حيث يظهر الغشاء مظلما .

حيود موجات الضوء

للتعرف على ظاهرة الحيود نجري النشاط الآتي:

أدوات النشاط(وزاري)

لوح زجاج ، دبوس ، دهان اسود ، مصدر ضوئي أحادي اللون

خطوات النشاط

ندهن لوح الزجاج بالدهان الأسود.
نعمل شقا رفيعا في لوح الزجاج باستعمال رأس الدبوس.
ننظر من خلال الشق الى المصدر الضوئي نلاحظ :
(مناطق مضيئة تتخللها مناطق مظلمة و إن المنطقة الوسطى عريضة و شديدة الإضاءة و إن الهدب المضيئة تقل شدتها و يتناقص عرضها بالتدريج عند الابتعاد عن الهداب المركزي المضيء).
نستنتج من النشاط أن ظهور مناطق مضيئة و مظلمة على جانبي الفتحة تدل على أن الضوء يحيد عن مساره.

حيث أن شرط الحصول على هدب معتمة هو : $\ell\sin\theta = m\lambda$

و إن شرط الحصول على هدب مضيئة هو : $\ell\sin\theta = (m+\frac{1}{2})\lambda$

حيث ℓ : يمثل عرض الشق

$m = 0, \mp1, \mp2, \mp3, \mp4$

إن شدة الإضاءة للهدب على الحاجز و التي تكون في قيمتها العظمى عند النقطة المركزية و تقل شدة الإضاءة للهدب كلما ازداد بعدها عن الصورة المركزية.

تذكر أن طول موجة الضوء λ_n في وسط معامل انكساره n

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$$

محزز الحيود

- هو أداة مفيدة في دراسة الأطياف و تحليل مصادر الضوء و يتألف من عدد كبير من الحزوز المتوازية ذوات الفواصل المتساوية.
- يصنع بوساطة طبع حزوز على لوح زجاج في ماكنة تسطير بالغة الدقة حيث تكون الفواصل بين الحزوز شفافة إذ تعمل عمل شقوق منفصلة و الحز يعد منطقة مظلمة.
- تتراوح عدد الشقوق في السنتميتر الواحد بين $(1000 - 10000)\frac{\text{line}}{\text{cm}}$ حز لكل سنتميتر. حيث يكون ثابت المحزز d صغير جـــــدا و يمثل d المسافة بين كل حزين متتاليين. حيث إن :

حيث أن W عرض المحزز ، N عدد الحزوز

$$d = \frac{W}{N}$$

إن فرق المسار البصري بين الشعاعين أي شقين متجاورين في محزز الحيود يساوي طول موجة واحدة او أعداد صحيحة من طول الموجة mλ فان التداخل بين الموجات يكون بناء و تظهر الهدب مضيئة على الشاشة حسب العلاقة:

$$d\sin\theta = m\lambda$$

$m = 0, \mp1, \mp2, \mp3, \mp4$

نلاحظ من العلاقة :

1- تزداد زاوية الحيود بزيادة الطول الموجي للضوء المستعمل (التناسب طردي).

2- تزداد زاوية الحيود بزيادة عدد الحزوز N (التناسب طردي).

$$d\sin\theta = m\lambda \quad , d = \frac{w}{N}$$

$$\frac{w}{N}\sin\theta = m\lambda$$

استقطاب الضوء

إن شريحة التورمالين و هي مادة شفافة تسمح بمرور موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجاله الكهربائي بالاتجاه العمودي و تحجب موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجاله الكهربائي بالاتجاه الأفقي و ذلك بامتصاصها داخليا.

س/ اشرح نشاطا يوضح استقطاب موجات الضوء.

- نستعمل شريحتان من التورمالين ، و مصدر ضوئي.
- نأخذ احدى الشريحتين و نضعها في طريق مصدر الضوء.
- ندور احدى الشريحتين حول المحور المار من وسطها و العمودي عليها و نلاحظ هل يتغير الضوء النافذ.
- نضع الشريحتين بشكل متقابلين مع بعضهما .
- نثبت احدى الشريحتين و ندور الأخرى ببطء حول الحزمة الضوئية و نلاحظ شدة الضوء النافذ.

1- إن الضوء غير المستقطب هو موجات مستعرضة يهتز مجالها الكهربائي في الاتجاهات جميعها و بلورة التورمالين تترتب فيها الجزيئات بشكل سلسلة طويلة إذ لا يسمح بمرور الموجات الطولية إلا إذا كان مستوى اهتزاز مجالها الكهربائي عمودي على خط السلسلة بينما تقوم بامتصاص باقي الموجات و هذه العملية تسمى بالاستقطاب و الموجات هي موجات ضوئية مستقطبة .

2- في حالة الضوء المستقطب يكون تذبذب المجال الكهربائي للموجات الكهرومغناطيسية باتجاه واحد أما في حالة الضوء غير المستقطب فيكون تذبذب مجالها الكهربائي باتجاهات عشوائية و في مستويات متوازية عمودية على خط انتشار الموجة.

ملاحظات

1. إن الشريحة التي يستقطب الضوء من خلالها تسمى بالمستقطب . بينما الشريحة التي يمر من خلالها ضوء مستقطب تسمى المحلل.
2. يمكن الحصول على ضوء مستقطب من ضوء غير مستقطب بواسطة بعض المواد المستقطبة للضوء مثل التورمالين و الكوارتز و الكالسيت.
3. يكون اتجاه محور النفاذ للمادة المستقطبة هو اتجاه استقطاب الضوء نفسه و المار خلال المادة.

- الضوء المستقطب استوائيا كليا: و هو الضوء الذي يهتز مجاله الكهربائي بمستوى واحد فقط عموديا على خط انتشاره.
- الضوء المستقطب جزئيا : و هو ضوء يكون مستقطبا في بعض اتجاهات مستوياته الكهربائية أكثر منه في اتجاهات أخرى.
- الضوء غير المستقطب : و هو الضوء الذي يهتز مجاله الكهربائي في مستويات ذات اتجاهات مختلفة و عمودية على خط انتشاره.

للتمييز عمليا بين ضوء مستقطبا استوائيا كليا و ضوء مستقطبا جزئيا و ضوء غير مستقطب نستخدم لوح قطيب او قرص استقطاب حيث يدور القرص أمام كل ضوء بحيث يكون ذلك الضوء هو محور الدوران فإذا كانت شدة الضوء لا تتغير و لا تختفي أثناء التدوير فهو ضوء غير مستقطب و إذا قلت شدته و اختفى فهو مستقطبا استوائيا و إذا تغيرت شدته و لم يختفي فهو مستقطبا جزئيا.

للحصول على حزمة ضوئية مستقطبة من حزمة ضوئية غير مستقطبة و يتم ذلك بوساطة إزالة معظم الموجات من الحزمة الضوئية غير المستقطبة ما عدا تلك التي مجالها الكهربائي يتذبذب في مستوى واحد منفرد .

إن معظم التقنيات الشائعة الاستعمال للحصول على ضوء مستقطب باستعمال مواد تنفذ الموجات التي تتذبذب مجالاتها الكهربائية في مستو موازٍ لاتجاه معين و هو المحور البصري و تمتص تلك الموجات التي تتذبذب مجالاتها الكهربائية بالاتجاهات الأخرى.

من طرائق استقطاب الضوء هي:

- الاستقطاب بالامتصاص الانتقائي
- استقطاب الضوء بالانعكاس

المواد القطبية : هي المواد التي يستقطب الضوء من خلالها بطرقة الامتصاص الانتقائي.
تصنع هذه المواد بهيئة ألواح رقيقه ذات سلسلة هيدروكاربونية طويلة و تكون الألواح ممتده خلال تصنيعها إذ تتراصف جزيئات السلسلة الطويلة لتكون محور بصري لنفاذ الضوء و الذي يكون مجاله الكهربائي عموديا على محورها البصري(السلسلة الطويلة).

المواد النشطة بصريا : هي مواد لها القابلية على تدوير مستوى الاستقطاب للضوء المستقطب عند مرورها من خلالها بزاوية تسمى زاوية الدوران البصري.

تعتمد زاوية الدوران البصري على نوع المادة و سمكها و تركيز المحلول و طول موجة الضوء المار خلالها(وزاري).

ملاحظات

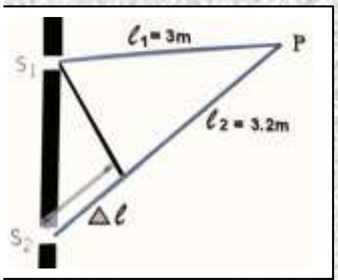
- إن الشعاع المنعكس يكون مستقطبا جزئيا عند سقوط الضوء على السطوح العاكسة و في مستوي موازٍ لمستوى السطح العاكس.
- أما الضوء المنكسر في الوسط الثاني يكون في مستوى سقوط الأشعة.
- عند سقوط الضوء على سطح عاكس و بصورة عمودية عليه فان زاوية السقوط تساوي صفر فلا يحدث استقطاب للضوء.
- إذا سقط الضوء على سطح عاكس و بصورة مائلة فإذا كانت زاوية السقوط لا تساوي زاوية الاستقطاب فان الضوء المنعكس يكون مستقطبا جزئيا.
- أما إذا سقط الضوء على سطح عاكس و بصورة مائلة و كانت زاوية السقوط تساوي زاوية الاستقطاب فان الضوء المنعكس يكون مستقطبا استوائيا كليا.
- إن زاوية الاستقطاب تسمى زاوية بروستر حيث وجد بروستر علاقة بين زاوية الاستقطاب θ_p و معامل انكسار الوسط و حسب العلاقة: $\tan\theta = n$
- عند زاوية الاستقطاب يكون الشعاع المنعكس مستقطبا استوائيا أمـــــــا الشعاع المنكسر فيكون مستقطبا جزئيا و الزاوية بينهما قائمة 90^o .
- كلما زادت زاوية السقوط زادت زاوية الاستقطاب .

الاستطارة

إن الضوء المستطار يميل الى اللون الأزرق لأنه قصير الطول الموجي حيث إن شدة الاستطارة تتناسب عكسيا مع الأس الرابع للطول الموجي و إن طوله الموجي يقارب معدل قطر الجسيمات d المسببة للاستطارة ($d<\lambda$) حيث إن اللون الأزرق قصير الطول الموجي فيكون اكبر استطارة من اللون الأحمر لأنه اكبر طول موجي من اللون الأزرق فتكون استطارته اقل.

و إذا نظرنا الى السماء باتجاه الغرب وقت الغروب او باتجاه الشرق وقت الشروق فإننا نرى ألوان الضوء الأحمر و البرتقالي تلون الأفق لقلة استطارة هذه الألوان.

أمثلة الفصل :



مثال : في الشكل المجاور مصدران (S_1 ، S_2) متشاكهان يبعثان موجات ذات طول موجي λ=0.1m و تتداخل الموجات الصادرة عنها عند النقطة P في ان واحد . ما نوع التداخل الناتج عن هذه النقطة عندما تقطع احدى الموجتين مسارا بصريا قدره 3.2m و الأخرى مسار بصريا مقداره 3m.

الحـــــــــــــــــــــــــــــــــل

لمعرفة نوع التداخل الحاصل بين الموجتين يتطلب إيجاد m من شرطي التداخل التاليين:

$\Delta\ell = m\lambda$, $\Delta\ell = (m+1/2)\lambda$

$\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.2 - 3 = 0.2m$

$\Delta\ell = (m+1/2)\lambda$ الاحتمال الأول

$0.2 = (m+1/2) \times 0.1$, $m = 1\frac{1}{2}$ و هذا لا يحقق شرط التداخل الاتلاف لان قيم(m) ليست اعداد صحيحة

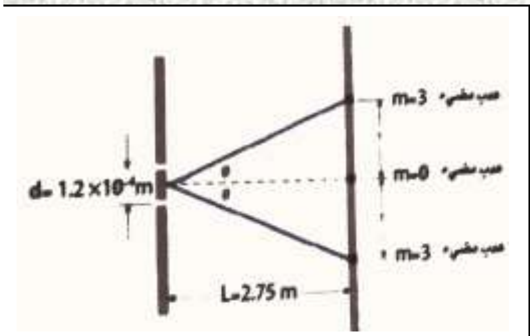
$\Delta\ell = m\lambda$

$0.2 = m \times 0.1$, $m = 2$ و هذا يحقق نوع التداخل البناء لان قيم (m) اعداد صحيحة

مثال 2: اذا كان البعد بين شقي تجربة يونك يساوي 0.2mm و بعد الشاشة عنها يساوي 1m و كان البعد بين الهدب الثالث المضيء عن الهدب المركزي يساوي 9.49mm . احسب طول موجة الضوء المستعمل في هذه التجربة؟

الحـــــــــــــــــــــــــــــــــل

$$\lambda = \frac{Y_m d}{mL} = \frac{(9.49 \times 10^{-3}) \times (0.2 \times 10^{-3})}{3 \times 1m} = 633 \times 10^{-9}m = 633nm$$



مثال 3: في الشكل المجاور ، استعمل ضوء احمر طوله الموجي (λ = 664nm) في تجربة يونك و كان البعد بين الشقين ($d= 1.2 \times 10^{-4}m$) و بعد الشاشة عن الشقين ($L = 2.75m$) . جد المسافة Y على الشاشة بين الهدب المضيء ذي المرتبة الثالثة عن الهدب المركزي علما ان :

Tan 0.951 = 0.1656 , Sin 0.951 = 0.0166

الحـــــــــــــــــــــــــل

نحسب أولا قياس الزاوية θ للمرتبة المضيئة الثالثة m=3 .

$$d\sin\theta = m\lambda$$

$$1.2 \times 10^{-4} \sin\theta = 3 \times 664 \times 10^{-9} \quad , \sin\theta = 0.0166 \quad , \theta = 0.951$$

$$y = L\tan\theta = 2.75 \times \tan 0.951 = 0.0456m = 4.56cm$$

و يمكن حل السؤال بطريقة أخرى باستعمال العلاقة : $y_m = \frac{mL\lambda}{d}$

مثال4: ضوء احادي اللون من ليزر هيليوم – نيون طوله الموجي 632.8nm يسقط عموديا على محزز حيود يحتوي السنتميتر الواحد منه على 6000 Line . جد زوايا الحيود θ للمرتبة الأولى و الثانية المضيئة.

علما ان : $sin\ 21.3 = 0.3796 \quad , \quad sin\ 49 = 0.7592$

$$d = \frac{W}{N} = \frac{1}{6000} = 1.667 \times 10^{-4} cm$$

1- للهدب المضيئة للمرتبة الأولى

$$d\sin\theta = m\lambda \quad , \quad 1.667 \times 10^{-4} \sin\theta = 1 \times 632.8 \times 10^{-7} cm$$

$$\sin\theta = \frac{1 \times 632.8 \times 10^{-7}}{1.667 \times 10^{-4}} = 0.3769 \quad , \quad \theta = 21.3$$ و هي زاوية حيود المرتبة الأولى المضيئة

2- m = 2

$$d\sin\theta = m\lambda \quad , \quad 1.667 \times 10^{-4} \sin\theta = 2 \times 632.8 \times 10^{-7} cm$$

$$\sin\theta = 0.7592 \quad , \quad \theta = 49$$ و هي زاوية حيود المرتبة الأولى المضيئة

أنشطة الفصل

س/ اشرح نشاطا يوضح تداخل الموجات.

1- نستخدم جهاز حوض المويجات و مجهز للقدرة و هزاز و نقار ذو راسين مدببين بمثابة مصدرين نقطيين يبعثان موجات كروية تنتشر على سطح الماء بالطول الموجي نفسه.
2- حيث نجعل طرفا النقار يمس سطح الماء في حوض المويجات.
3- نشغل الهزاز نشاهد طراز التداخل عند سطح الماء نتيجة تراكب الموجات الناتجة عن اهتزاز المصدرين النقطيين المتماثلين .
4- نلاحظ عندما يكون للموجتين الطور نفسه و السعة نفسها عند نقطة معينة فان الموجتين تتحدان لتقوية كل منهما و تكون سعة الموجة الناتجة ضعف سعة كل منهما و يسمى بالتداخل البناء.(التقاء قمة مع قمة و قعر مع قعر).
5- و كذلك نلاحظ اتحاد موجات بطورين متعاكسين و سعتين متساويتين فان الموجتين تلغي احدهما الأخرى و هذا هو التداخل الاتلاف او الاضعاف حيث تكون السعة الناتجة صفر.

س/ اشرح نشاطا يوضح استقطاب الموجات.

1- نستعمل حبل مثبت من احد طرفيه بجدار ، و حاجز ذو شق ضيق.
2- نمرر الطرف السائب من الحبل عبر شق الحاجز حيث نجعل الشق طوليا نحو الأعلى و عموديا مع الحبل .
3- نشد الحبل ثم ننتره لتوليد موجة مستعرضة منتقلة فيه فتمر الموجة من خلال الشق .
4- نجعل الشق بوضع افقي ثم نشد الحبل و ننتره حيث لا تمر الموجة المستعرضة المتولدة في الحبل من الشق.

أسئلة عامة و أسئلة وزارية

الأسئلة الكلامية

1- ما سبب رؤية السماء زرقاء من على سطح الأرض و بلا نجوم نهارا؟

و ذلك لحدوث ظاهرة الاستطارة و إن الطول الموجي للضوء الأزرق يكون قصير حيث يستطار بمقدار اكبر.

2- هل يمكن للضوء الصادر من مصادر غير متشاكهه أن يتداخل؟ و لماذا؟

نعم يحصل التداخل البناء و التداخل الإتلاف و لكن بسرعة كبيرة جدا لا تدركها العين لان كلا من المصدرين موجات بأطوار عشوائية متغيرة بسرعة فائقة.

3- علام تعتمد زاوية الدوران البصري في المواد النشطة بصريا؟

1- نوع المادة. 2- سمك المادة. 3- تركيز المحلول(للمواد السائلة). 4- طول الموجة الضوئية.

4- ما المقصود بالضوء المستقطب؟

هو ضوء يكون تذبذب مجاله الكهربائي في مستوى واحد فقط عمودي خط انتشار الموجه.

5- اختر الإجابة الصحيحة

الموجات الطولية لا يمكنها إظهار (الانكسار ، الاستقطاب ، الانعكاس ، الحيود) الإجابة / الاستقطاب

6- علام تعتمد درجة الاستقطاب في الضوء بطريقة الانعكاس؟

تعتمد على زاوية السقوط او زاوية الاستقطاب

7- في حالة استقطاب الضوء بالانعكاس عند اية شروط:

1- لا يحصل استقطاب في الضوء. 2- يحصل استقطاب استوائي كلي.

الجواب / 1- عندما تكون زاوية سقوط الضوء تساوي صفر.

2- عندما تكون زاوية سقوط الضوء تساوي 90^{o} و هي زاوية بروستر.

8- ماذا يحصل في عرض المنطقة المركزية المضيئة لنمط الحيود من شق واحد عندما نجعل عرض الشق يضيق أكثر؟ وضح ذلك.

يزداد عرض الهدب المركزي المضيء و يكون اقل شدة وحسب العلاقة:

$$\ell \sin\theta = m\lambda \rightarrow \ell \propto \frac{1}{\sin\theta}$$

9- اشرح نشاط توضح فيه استقطاب الموجات الضوئية مع الاستنتاج.

الإجابة/ في الكتاب النشاط (3) ص167 و في الملزمة

10- علل / ضوء الشمس و المصابيح الاعتيادية غير مستقطب؟

و ذلك لان ضوء الشمس و المصابيح الاعتيادية موجات مستعرضة يهتز مجالها الكهربائي في الاتجاهات جميعا .

11- هل تظهر الأهداب في تجربة شقي يونك إذا كان المصدرين الضوئيين غير متشاكهين؟ و لماذا؟

لا تظهر الأهداب لان التداخل الإتلاف و البناء يحصل بسرعة كبيرة جدا لا تدركها العين لان كلا المصدرين يبعث موجات بأطوار عشوائية متغيرة بسرعة فائقة جدا فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور بين الموجات المتداخلة في أية نقطة من نقاط الوسط فتشاهد العين إضاءة مستديمة بسبب صفة دوام الإبصار.

12- علام يعتمد نوع التداخل في تجربة يونك؟

يعتمد على طول المسار البصري للضوء الصادر من الشقين.

13- اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس

أغشية الزيت الرقيقة و غشاء فقاعة صابون الماء تبدو بألوان زاهية نتيجة الانعكاس و :

(الانكسار ، التداخل ، الحيود ، الاستقطاب)

الإجابة / التداخل

14/ خلال النهار و من على سطح القمر يرى رائد الفضاء السماء سوداء و يتمكن من رؤية النجوم بوضوح في حين خلال النهار و من على سطح الأرض يرى السماء زرقاء و بلا نجوم ما تفسير ذلك؟

خلال النهار و من على سطح القمر يرى رائد الفضاء السماء سوداء و يتمكن من رؤية النجوم بوضوح و ذلك لعدم وجود غلاف جوي و الجسيمات التي تسبب استطارة ضوء الشمس.

في حين خلال النهار و من على سطح الأرض يرى السماء زرقاء و بلا نجوم بسبب حدوث ظاهرة الاستطارة (تشتت الألوان)بسبب وجود الغلاف الجوي.

س15/ كيف تتولد الموجات الكهرومغناطيسية؟

تتولد عند حركة شحنات كهربائية معجلة في سلك موصل.

س16/ ماذا يتذبذب عندما تنتشر الاشعة الكهرومغناطيسية في الفضاء او الأوساط المختلفة؟

يتذبذب كلا المجالين الكهربائي و المغناطيسي بطور واحد و متعامدان مع بعضهما و عمودان على خط انتشار الموجة.

المسائل

س1/ وضعت شاشة على بعد 4.5m من حاجز ذي شقين و أضيء الشقان بضوء أحادي اللون طول موجته في الهواء λ = 490nm فكانت المسافة الفاصلة بين مركز الهداب المركزي المضيء و مركز الهداب ذي المرتبة m=1 المضيء تساوي 4.5 cm . ما مقدار البعد بين الشقين؟

الحـــــل

$$d = \frac{\lambda . L}{\Delta y} = \frac{490 \times 10^{-9} \times 4.5}{4.5 \times 10^{-2}} = 49\mu m$$

س2/ ضوء ابيض تتوزع مركبات طيفه بوساطة محزز حيود . فإذا كان للمحزز 2000 Line/cm . ما قياس زاوية حيود المرتبة الأولى للضوء الأحمر ذي الطول الموجي λ = 640nm .

الحـــــل

ثابت المحزز $d = \frac{w}{N} = \frac{1\ cm}{2000} = 0.0005\ cm$

$$d \sin\theta = m\lambda$$

زاوية حيود المرتبة الأولى للضوء الأحمر $\sin\theta = \frac{m\lambda}{d} = \frac{640 \times 10^{-7}}{5 \times 10^{-4}} = 0.128 \rightarrow \theta = 7^{o}$

س3/ سقطت حزمة ضوئية على سطح عاكس بزوايا سقوط مختلفة المقياس و قد تبين أن الشعاع المنعكس أصبح مستقطبا كليا عندما كانت زاوية السقوط 48^o . احسب معامل الانكسار للوسط . علما أن $tan48^o=1.11$.

الحـــــــــــــــــــــــــــــــــــل

$n = \tan \theta$

$n=\tan 48^o= 1.11$ معامل انكسار الوسط

س4/إذا كانت الزاوية الحرجة للأشعة الضوئية لمادة العقيق الأزرق المحاط بالهواء 34.4^o . احسب زاوية الاستقطاب للأشعة الضوئية لهذه المادة ، علما أن: $\tan 60.5^o = 1.77$, $\sin 34.4^o=0.565$.

الحـــــــــــــــــــــــــــــــــــل

$$n = \frac{1}{\sin\theta_c} = \frac{1}{\sin 34.4} = \frac{1}{0.565} = 1.77$$ معامل انكسار العقيق

$$n = \tan\theta_p$$ قانون بروستر

$$\therefore \tan\theta_p = 1.77 \rightarrow \theta_p = 60.5^o$$

الفصل الخامس : الفيزياء الحديثة

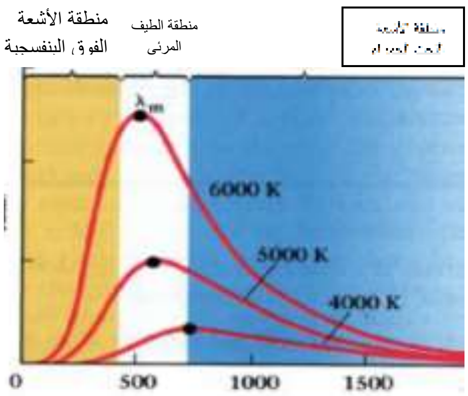
1. إن النظرية الكلاسيكية فشلت في تفسير و فهم توزيع الأطوال الموجية من الإشعاع الصادر عن الجسم الأسود.
2. الجسم الأسود: هو نظام مثالي يمتص جميع الإشعاعات الساقطة عليه و هو باعث مثالي أيضا للإشعاعات. و يمكن تمثيله عمليا بفتحة ضيقة داخل فجوة او جسم أجوف(وزاري).
3. قانون ستيفان – بولتزمان: إن المعدل الزمني للطاقة لوحدة المساحة (الشدة) $I = \frac{E}{A}$. التي يشعها الجسم الأسود تتناسب طرديا مع المساحة تحت المنحني و إن المساحة تحت المنحني تتناسب طرديا مع الأس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة ما عدا الصفر السيليزي حيث:

$I = \sigma T^4$, $T \alpha T^4$

حيث إن I : تمثل شدة الإشعاع بوحدة$(\frac{W}{m^2})$

T^4 : درجة الحرارة المطلقة بوحدو كلفن(K)

σ:ثابت ستيفان – بولتزمان و يساوي $5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2K^4}$



4. قانون الإزاحة لفين : إن ذروة التوزيع الموجي للإشعاع المنبعث من الجسم الأسود تنزاح نحو الطول الموجي الأقصر عند ارتفاع درجة الحرارة المطلقة حيث يكون التناسب عكسي بين $(\lambda \alpha \frac{1}{T})$: $\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3}$

T : درجة الحرارة المطلقة $T = C^o + 273$

λ : يقاس بالمتر ، T : تقاس بالكلفن K

5. فرضية ماكس بلانك: إن الجسم الأسود يمكن أن يشع و يمتص طاقة على شكل كمات محددة و مستقلة من الطاقة تسمى فوتونات و هذا يعني أن الطاقة مكماة. وحسب العلاقة:

$$E = hf \quad , \quad f = \frac{c}{\lambda} \quad , E = \frac{hc}{\lambda} \quad , \quad h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.S}$$

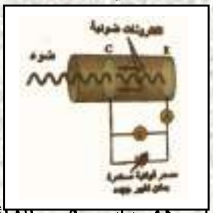
الظاهرة الكهروضوئية:

و هي ظاهرة انبعاث الكترونات من سطح معدن عندما يسقط عليه ضوء تردده معين و مؤثر و تسمى الالكترونات المنبعثة من سطح المعدن بالإلكترونات الضوئية.

لتوضيح الظاهرة الكهروضوئية نستعمل الخلية الكهروضوئية و هي أنبوبة مفرغة من الهواء لها نافذة شفافة او غلاف من الزجاج او الكوارتز (لكي تمرر الأشعة فوق البنفسجية زيادة على الضوء المرئي(وزاري)) و تحتوي على لوح معدني E يسمى الباعث للالكترونات او المهبط (كاثود) الذي يتصل بمصدر فولطية مستمرة (يمكن تغيير جهده) و لوح معدني آخر C يسمى باللوح الجامع او المصعد (أنود) الذي يتسلم الالكترونات الضوئية المنبعثة و يتصل بالقطب الموجب لمصدر الفولطية.

س/ اشرح تجربة لدراسة الظاهرة الكهروضوئية؟

1- خلية كهروضوئية ، فولطميتر ، اميتر ، مصدر فولطية مستمرة يمكن تغيير جهده ، اسلاك توصيل ، مصدر ضوئي.
2- نربط الدائرة الكهربائية كما في الشكل:



3- عند وضع الانبوبة في الظلام نلاحظ ان قراءة الاميتر تساوي صفر أي لا يمر تيار في الدائرة الكهربائية.
4- عند اضاءة اللوح الباعث بضوء ذي تردد مؤثر نلاحظ انحراف مؤشر الاميتر دلالة على مرور تيار كهربائي في الدائرة الكهربائية نتيجة انبعاث الكترونات ضوئية من اللوح الباعث (السالب) ليستقبلها اللوح الجامع(الموجب) فينساب التيار الكهروضوئي في الدائرة الكهربائية.
5- عند زيادة الجهد الموجب للوح الجامع أي زيادة فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين الجامع و الباعث يزداد التيار الكهروضوئي الى ان يصل مقداره الأعظم الثابت حيث يكون المعدل الزمني للالكترونات الضوئية المنبعثة من اللوح الباعث و الواصلة الى اللوح الجامع مقدار ثابتا و يسمى التيار بتيار الاشباع.
6- عند زيادة شدة الضوء الساقط (لتردد معين مؤثر) يزداد تيار الاشباع حيث يتضاعف تيار الاشباع عند مضاعفة شدة الضوء الساقط .
7- في حالة عكس قطبية فولطية المصدر حيث يكون اللوح الباعث موجبا و اللوح الجامع سالبا فسوف يهبط التيار تدريجيا الى قيم اقل لان معظم الالكترونات الضوئية سوف تتنافر مع اللوح الجامع السالب و تصل فقط الالكترونات التي لها طاقة اكبر من القيمة ($e\Delta V$) الى اللوح الجامع حيث e هي شحنة الالكترون.
8- عند زيادة سالبية الجهد الجامع تدريجيا فان و عند قيمة جهد معين V_s أي عندما $\Delta V = -V_s$ فإننا نلاحظ ان تيار الدائرة يساوي صفر و ان هذا الجهد V_s يسمى جهد القطع او الإيقاف . و ان جهد القطع لا يعتمد على شدة الضوء الساقط.

من النشاط نلاحظ :

- **التيار الكهروضوئي** :هو تيار يتولد في الخلية الكهروضوئية نتيجة حركة الالكترونات الضوئية من اللوح الباعث باتجاه اللوح الجامع عند سقوط ضوء تردده مؤثر و يعتمد على شدة الضوء الساقط.
- **تيار الإشباع** : و هو تيار يتولد في الخلية الكهروضوئية عندما يكون المعدل الزمني لعدد الالكترونات الضوئية المنبعثة من اللوح الباعث باتجاه اللوح الجامع مقدار ثابت ، و يزداد بزيادة شدة الضوء الساقط(وزاري).
- **جهد القطع (الإيقاف) V_s**: و هو اقل جهد سالب للوح الجامع في الخلية الكهروضوئية و الذي يجعل التيار الكهروضوئي يساوي صفر و لا يعتمد على شدة الضوء الساقط و يقاس بالفولط و يعتبر مقياسا للطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة وحسب العلاقة:

$$K.E_{max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2 = eV_s$$

حيث m كتلة الإلكترون ، e شحنة الإلكترون ، V_{max} الانطلاق الأعظم للالكترونات الضوئية المنبعثة

حيث نلاحظ من العلاقة أعلاه

1. إن جهد القطع لا يعتمد على شدة الضوء الساقط حيث أن زيادة شدة الضوء الساقط تؤدي فقط الى زيادة تيار الإشباع.
2. يعتمد جهد الإيقاف او القطع على تردد الضوء الساقط (يجب أن يكون التردد مؤثر) و نوع سطح مادة المعدن الباعث.
3. كلما زاد جهد القطع (زيادة سالبية اللوح الجامع) فان الالكترونات الضوئية الى طاقة حركية اكبر للوصول الى اللوح الجامع حيث تصل فقط الالكترونات الضوئية التي لها طاقة اكبر من القيمة ($e\Delta V$) الى اللوح الجامع بسبب قوة التنافر بين الالكترونات السالبة.
4. تقاس الطاقة الحركية العظمى بوحدات J و eV و للتحويل بينهما كما يأتي:

شحنة الإلكترون $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$

$1\ eV = 1.6 \times 10^{-19}\ J$

$eV \times 1.6 \times 10^{-19} = 1\ J$

$$\frac{1J}{1.6\times10^{-19}} = 1eV$$

و حسب تفسير اينشتاين للظاهرة الكهروضوئية حيث اعتمد اينشتاين على مبدأ بلانك(وزاري) و هي إن الموجات الكهرومغناطيسية مكماة:

$$K.E_{max} = \frac{1}{2} mv^2_{max} = hf - w \quad , E = h f \quad , W = h f_o = \frac{h c}{\lambda_o}$$ (وزاري)

- إن **hf** تمثل طاقة الضوء الساقط .
- **W** تمثل دالة الشغل للمعدن و هي اقل طاقة يرتبط بها الإلكترون بالمعدن. و قيمتها بحدود بضعة إلكترون فولط(وزاري مع العلاقة).
- F_o يمثل تردد العتبة و هو اقل تردد للضوء الساقط يولد الانبعاث الكهروضوئي للمعدن لذا فهو يعد خاصية مميزة للمعدن المضاء حيث أن لكل معدن تردد عتبة خاص به . حيث أن الترددات الأقل من تردد العتبة لن تؤدي الى انبعاث الكترونات ضوئية(وزاري).
- λ_o يمثل طول موجة العتبة و هو أطول موجة للضوء الساقط يستطيع تحرير الكترونات ضوئية من سطح معدن معين. و هذا يعني أن الأطوال الموجية التي اكبر من λ_o لن تكون قادرة على انبعاث الكترونات ضوئية.
- نلاحظ من العلاقة أعلاه إن الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية تعتمد فقط على تردد الضوء الساقط و دالة الشغل او تردد العتبة للمعدن و لا تعتمد على شدة الضوء الساقط لان امتصاص فوتون واحد يكون مسؤولا عن تغيير الطاقة الحركية للإلكترون.
- تتناسب الطاقة الحركية العظمى طرديا مع تردد الضوء الساقط **f** حيث كلما زاد تردد الضوء الساقط زادت الطاقة الحركية العظمى.
- إن طول موجة العتبة λ_o يعطى بالعلاقة الآتية: $\lambda_o = \frac{C}{f_o} = \frac{hC}{W}$.

و حسب معادلة اينشتاين نستنتج ما يأتي:

- **يحصل انبعاث كهروضوئي للالكترونات بطاقة حركية اكبر من الصفر حيث يكون:**

1- تردد الضوء الساقط **f** اكبر من تردد العتبة f_o.
2- طول موجة الضوء الساقط λ اقل من طول موجة العتبة λ_o .
3- طاقة الضوء الساقط **E** اكبر من دالة الشغل **W**.

- **لا يحصل الانبعاث الكهروضوئي للالكترونات مهما زادت شدة الإشعاع بطاقة اقل من الصفر حيث يكون :**

1- تردد الضوء الساقط **f** اقل من تردد العتبة f_o.
2- طول موجة الضوء الساقط λ أطول من طول موجة العتبة λ_o .
3- طاقة الضوء الساقط اقل من دالة الشغل **W**.

- **يحصل فقط تحرير الكترونات ضوئية بطاقة حركية تساوي صفر حيث يكون:**

1- تردد الضوء الساقط **f** مساويا الى تردد العتبة f_o .
2- طول موجة الضوء الساقط λ مساويا الى طول موجة العتبة λ_o.
3- طاقة الضوء الساقط **E** مساوية الى دالة الشغل **W**.

إن الفائدة العملية من الظاهرة الكهروضوئية هي قياس شدة الضوء و تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربائية كما في الخلايا الشمسية المستعملة في إضاءة الشوارع و في كاميرات التصوير الرقمية . و كذلك في إظهار تسجيل الموسيقى المصاحبة لصور الأفلام المتحركة السينمائية و غيرها من التطبيقات الأخرى(وزاري).

الجسيمات (الدقائق) و الموجات

- إن ظاهرة الإشعاع و الامتصاص و الانبعاث الكهروضوئي (الظاهرة الكهروضوئية) تدل على أن الضوء يسلك سلوك جسيمات (فوتونات)(وزاري).
- إن ظاهرة التداخل و الحيود و الاستقطاب و الانكسار تدل على السلوك الموجي للضوء.
- النظرة الحديثة للضوء(وزاري) إن طاقة الإشعاع تنتقل بشكل فوتونات يقودها باتجاه سيرها مجال موجي أي أن للضوء سلوك مزدوج (جسيمات و موجات) حيث يظهر الضوء أما بصفة موجية او جسيمية حيث أن النظريتين الموجية و الجسيمية يكمل بعضها الآخر(أي ليس كلاهما في آن واحد).
- لاثبات النظرية المزدوجة للضوء رياضيا نعتمد على معادلة ماكس بلانك تكافؤ الكتلة و الطاقة لأينشتاين و كما يأتي:

$$E = hf \quad \text{(بلانك)}$$

$$E = m c^2 \quad \text{(اينشتاين تكافؤ الكتلة و الطاقة)}$$

و بتساوي المعادلتين نحصل على:

$$hf = mc^2$$

نعوض في المعادلة أعلاه نحصل على:

$$\because f = \frac{c}{\lambda}$$

$$\therefore h\frac{c}{\lambda} = m\,c^2 \rightarrow \frac{h}{\lambda} = mc$$

$$\therefore \lambda = \frac{h}{mc}$$

(P=mc زخم الفوتون)

$$\lambda = \frac{h}{P}$$

أي أن الطول الموجي المرافق للفوتون يتناسب عكسيا مع زخم الفوتون

الموجات المادية

هي موجات تصاحب حركة الجسيمات و هي ليست موجات ميكانيكية او كهرومغناطيسية. حيث اقترح ديبرولي فكرة الطبيعة الثنائية للجسيم(الجسيمية – الموجية) حيث افترض ديبرولي:

(في كل نظام ميكانيكي لا بد من وجود موجات ترافق حركة الجسيمات المادية(وزاري))

طبقا لفرضية ديبرولي إن الأجسام المادية مثل الالكترونات هـــــي مثل الضوء تسلك سلوكا مزدوجا أي أن الإلكترون مصحوبا بموجة و هذه الموجات تسمى موجات مادية. إذ يمثل الجسيم برزمة موجيه أي موجة ذات مدى محدود في الفضاء. ويمكن الحصول على الرزمة الموجية من إضافة موجات ذوات طول موجي مختلف قليلا.

افترض ديبرولي إن الطول الموجي للموجه المادية λ يرتبط بزخم الجسيم P كما في الفوتون و كما يأتي:

$$\lambda = \frac{h}{P} \quad , \quad P = \frac{h}{mv}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

m كتلة الجسيم , v انطلاق الجسيم

- تهمل الخواص الموجية للأجسام الكبيرة نسبيا و ذلك لصغر قيمة ثابت بلانك و إن كتلتها كبيرة و هذا يعني أن زخمها كبير نسبيا فتكون طول موجة ديبرولي لهذه الأجسام صغير جدا لان الطول الموجي يتناسب عكسيا مع زخم الجسيم حسب العلاقة أعلاه.
- يمكننا دراسة الخواص الموجية للجسيمات الذرية و النووية لان كتلها صغيرة جدا فيكون زخمها صغير جدا حيث أن الطول الموجي يتناسب عكسيا مع الزخم فيكون مقدار الطول الموجي كبير و واضح يمكن دراسته.
- إن الطول الموجي يتناسب عكسيا مع سرعة الجسيم.
- إن معادلة ديبرولي تنطبق على جميع الأجسام صغيرها و كبيرها .
- لا يمكن ملاحظة السلوكين ألجسيمي و الموجي في الوقت نفسه.

مدخل الى مفهوم ميكانيك الكم و دالة الموجة

- إن الكميات التي يقوم بدراستها الميكانيك الكلاسيكي هي التأكيد و إن الكميات التي يدرسها الميكانيك الكمي هي الاحتمالات فالميكانيك الكلاسيكي هو صيغة تقريبية للميكانيك الكمي. حيث تعمل أجهزة الحاسوب و الكاميرات الرقمية وفق الميكانيك الكمي.
- فالميكانيك الكمي هو ذلك الفرع من الفيزياء المتخصص بدراسة الأشياء التي تأتي بحزم صغيرة جدا او كمات.
- إن الكمية التي يهتم بدراستها الميكانيك الكمي هي دالة الموجة و يرمز لها بالرمز Ψ وهي الكمية التي تشكل تغيراتها الموجات المادية. و هي احتمالية إيجاد الجسيم المتحرك في نقطة في الفضاء في زمان و مكان معينين.
- إن كثافة الاحتمالية أي الاحتمالية لوحدة الحجم تتناسب طرديا مع قيمة Ψ^2 . و هذا يعني انه إذا كانت قيمة Ψ^2 كبيرة تعني احتمالية كبيرة لإيجاد الجسيم في المكان و الزمان المعينين و إذا كانت صغيرة يعني احتمالية صغير لوجود الجسيم .

مبدأ اللادقة لهايزنبرك

ينص على (من المستحيل أن نقيس آنيا (في الوقت نفسه) الموضع بالضبط و كذلك الزخم الخطي بالضبط لجسيم) فإذا كانت اللادقة في موضع الجسيم ΔX و كانت اللادقة في زخم الجسيم هي ΔP فان مبدأ اللادقة يعطى بالعلاقة:

$$\Delta X . \Delta P \geq \frac{h}{4\pi}$$

حيث h هو ثابت بلانك

ΔX اللادقة بالموضع باتجاه المحور السيني (الخطأ في دقة موضع الجسيم)

ΔP اللادقة في مركبة الزخم الخطي باتجاه الاحداثي السيني(الخطأ في دقة الزخم)

نلاحظ من العلاقة إن التناسب عكسي بين اللادقة في موضع الجسيم و اللادقة في زخمه حيث كلما كانت قيمة اللادقة في موضع الجسيم صغيرة كانت قيمة اللادقة في زخم الجسيم كبيرة و العكس صحيح فكلما ارتفعت دقة القياس لإحدى هاتين الكميتين قل ما نعرفه عن الكمية الأخرى.

إن الزخم يعطى بالعلاقة الآتية: $P = mv$ حيث تكون اللادقة في الزخم: $P= m\Delta V$

حيث ان ΔV تمثل اللادقة في انطلاق الجسيم حيث يمكن الحصول على ادنى او اقل لادقة لاحدى الكميتين ΔX او ΔP و ذلك بجعل حاصل ضرب هاتين الكميتين مساويا الى $(\frac{h}{4\pi})$:

$$\Delta X . \Delta P = \frac{h}{4\pi}$$

إن مبدأ اللادقة و الذي يضع حدودا لدقة قياس موضع و زخم جسيم آنيا و التي هي ليست حدودا ناجمة عن أجهزة القياس المستعملة حيث إن هذه الحدود هي حدود أساسية تفرضها الطبيعة و إن القيمة الصغيرة لثابت بلانك تجعلنا لا نلاحظ مبدأ اللادقة في حياتنا اليومية او في العالم البصري.

النظرية النسبية

ان الاجسام التي تتحرك بسرعة قليلة تخضع لقوانين نيوتن في الفيزياء الكلاسيكية ، اما الاجسام التي تتحرك بسرعة كبيرة تقترب من سرعة الضوء فإنها تخضع لقوانين الحركة النسبية لانشتاين طبقا للنظرية النسبية .
تعد النظرية النسبية الخاصة التي اقترحها اينشتاين من اكثر النظريات اثارة لانها استطاعت ان تحدث العديد من التغيرات في مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية و طبيعة الجسيمات النووية و بعض الظواهر الكونية.
ان المفهوم الذي تعتمد عليه فكرة النظرية النسبية يدعى اطر الاسناد . و هو موقع الجسم الذي يقوم فيه شخص ما برصد حدث ما في زمن معين و يسمى هذا الشخص بالمراقب لان يرصد الحدث و يقوم بالقياس.

س/ ما الذي اضافته النظرية النسبية للمفاهيم الكلاسيكية ؟

اضافت النظرية النسبية احداثي الزمن و هو الاحداثي الرابع حيث اعتمدت على اربع احداثيات (X , Y , Z , t) بدل من ثلاثة احداثيات كما في الفيزياء الكلاسيكية حيث ان رصد هدف في الفضاء يتم بتحديد موقعه باستخدام الاحداثيات (X , Y , Z) و تحديد زمن حدوثه بالاحداثي t .

س/ كيف تنظر النظرية الكلاسيكية و النظرية النسبية الى مفهوم الحركة النسبية؟

نفترض ان مراقبا في اطار اسناد معين يراقب حدثا في اطار اسناد اخر يتحرك بسرعة ثابته نسبة الى اطار اسناده (اطر الاسناد القصورية حيث تكون هذه الأطر متطابقة لحظة بدء الحركة او القياس) . حيث ان :

أ – وفقا للنظرية الكلاسيكية فان الزمن المقاس للحدث هو ذاته في كلا الاطارين القصوريين و ان قياس الزمن يسير بالمعدل نفسه بغض النظر عن سرعة حركة اطاري الاسناد و عليه فان المدة الزمنية بين حدثين متعاقبين يجب ان تكون واحدة لكلا الراصدين.

ب – وفقا للنظرية النسبية يصبح الافتراض أعلاه غير صحيح عندما تكون سرعة حركة الجسم مقاربة او يمكن مقارنتها بسرعة الضوء و عليه يجب الاعتماد على فرضيات النظرية النسبية لتفسير ذلك.

س/ اذكر فرضيتا اينشتاين في النظرية النسبية الخاصة؟

1- ان قوانين الفيزياء يجب ان تكون واحدة في جميع اطر الاسناد القصورية.
2- سرعة الضوء في الفراغ مقدار ثابت $3 \times 10^8 m/s$ في جميع اطر الاسناد القصورية بغض النظر عن سرعة المراقب او سرعة الحدث.

س/ ما هي تحويلات لورنتز؟

❖ و هي التحويلات التي تبناها اينشتاين اذ برهن لورنتز من دراسته لحركة الجسيمات المادة في المجال المغناطيسي بان لسرعة الجسيمات تأثير مهم جدا في قياس الابعاد الفيزيائية للجسم و برهن بوجود عامل تصحيحي يجب اعتماده في علاقة احداثيات اطاري الاسناد (S , S") .

❖ اطلقت تسمية معامل لورنتز على العامل التصحيحي (ɣ) و يعطى بالعلاقة الاتية:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

V : سرعة الجسيم ، C : سرعة الضوء في الفراغ حيث نلاحظ من العلاقة :

1- ان المقدار تحت الجذر اصغر من الواحد لذلك و حسب النظرية النسبية فان معامل لورنتز اكبر من الواحد.
2- يكون مقدار معامل لورنتز مساويا واحد عندما للجسم الساكن الذي تكون سرعته صفر v=0 او اقل بكثير من سرعة الضوء حيث يكون المقدار تحت الجذر مساويا واحد.
3- يقترب معامل لورنتز من المالانهاية عندما يكون الجسم متحركا بسرعة عالية جدا او مقتربا من سرعة الضوء لان المقدار تحت الجذر يساوي صفر.

هم النتائج المترتبة على النظرية النسبية الخاصة:

تمدد الزمن نلاحظ ان الزمن الذي يسجله راصد متحرك بنفس سرعة الحدث t_o اصغر من الزمن الذي يسجله راصد ساكن.
انكماش الطول اذ ان الاجسام المتحركة بالنسبة الى راصد ساكن تعاني تقلصا في الطول باتجاه حركتها.
تغير الكتلة مع السرعة (الكتلة النسبية) حيث ان كتلة الجسم المتحرك تزداد بزيادة سرعته و حسب العلاقة :

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

عندما تكون سرعة الجسم صغيرة جدا مقارنة بسرعة الضوء فان الكتلة النسبية تساوي الكتلة السكونية $m = m_o$ حيث لا يمكن ملاحظة التغير الحاصل في الكتلة.

س/ كيف أسهمت الفيزياء النووية في اثبات صحة النتائج التي افرزتها النظرية النسبية الخاصة لأينشتاين؟
و ذلك من خلال التجارب في مجالات الاشعاعات النووية حيث ان الجسيمات المنطلقة في بعض المواد المشعة مثل اليورانيوم و الراديوم حيث تنبعث دقائق مادية متناهية في الصغر و بسرع قريبة من سرعة الضوء و تزداد كتلتها بما يتفق مع المعادلات التي افترضها أينشتاين .

تكافؤ الكتلة مع الطاقة :

- استطاع اينشتاين ان يدمج قانونا حفظ الطاقة و المادة بافتراض ان المادة يمكن ان تتحول الى طاقة حيث ان مقدار ضئيل من الكتلة عندما يختفي ينتج عنه كمية كبيرة من الطاقة.
- ان الطاقة الناتجة عن كتلة معينة تساوي حاصل ضرب هذه الكتلة في مربع سرعة الضوء و حسب العلاقة : $E = mc^2$.
- استطاعت هذه ان تفسر سر طاقة النجوم و عمرها الطويل فهي تفقد مقدار قليل من كتلتها (مادتها) لتعطي طاقة تملأ بها الفضاء المحيط بها بأجمعه كما وتعتبر هذه المعادلة مبدا عمل و تشغيل المفاعلات النووية و كذلك الأسلحة النووية.

مثلا كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها عند تحول غرام واحد من المادة الى طاقة هي :

$$E = mc^2 = 10^{-3} \text{ x } (3 \text{ x } 10^8)^2 = 9 \text{ x } 10^{13} J$$

ان هذا المقدار كبير جدا و بالإمكان مقارنته بكمية الطاقة الكهربائية المستهلكة من قبل عائلة عراقية فاذا كان معدل الاستهلاك هو *1000kWh* في الشهر الواحد فان هذا يعادل $3.6 \text{ x } 10^9 J$ و بقسمة الطاقة المنتجة على الطاقة المستهلكة نحصل على عدد الأشهر المكافئة أي :

$$\frac{9 \text{ x } 10^{13}}{3.6 \text{ x } 109J} = 2.5 \text{ x } 10^4 month$$

و هذا يعني ان الطاقة الناتجة من تحول غرام واحد فقط من المادة الى طاقة ستكفي هذه العائلة لأكثر من الفي سنة كتشغيل

س/ أي من الكميات التالية تعد ثابتة حسب النظرية النسبية؟
(سرعة الضوء ، الزمن ، الكتلة ، الطول) . الجواب / سرعة الضوء

س/ اكتب الصيغة الرياضية لمعادلة تكافؤ الكتلة و الطاقة؟

$$E = mc^2$$

س/ ما التطبيقات العملية لمبدا تكافؤ الكتلة؟
بناء و تشغيل المفاعلات النووية . 2- انتاج الأسلحة النووية.

امثلة الفصل

مثال 1 : جد الطول الموجي المقابل لذروة الاشعاع المنبعث من جسم الانسان عندما تكون درجة الحرارة لجلده 35^oC . افترض ان جسم الانسان يشع كجسم اسود.

الحـــل

$$\lambda_m T = 2.898 \text{ x } 10^{-3} \quad , T = 35 + 273 = 308 \, K$$

$$\lambda_m = \frac{2.898 \, x \, 10^{-3}}{T} = \frac{2.898 \, x \, 10^{-3}}{308} = 9.409 \, x \, 10^{-6} m = 9.409 \mu m$$

مثال 2: سقط ضوء طوله الموجي 300nm على معدن الصوديوم . فاذا كانت دالة الشغل للصوديوم تساوي 2.46eV جد :

الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة بوحدة الجول أولا و بالإلكترون – فولت ثانيا.

طول موجة العتبة للصوديوم.

الحـــل

$h = 6.63 \text{ x } 10^{-34} J.s$, $1 \, eV = 1.6 \text{ x } 10^{-19} J$, $c = 3 \text{ x } 10^{8} \, m/s$

1- $KE_{max} = hf - w \quad , \quad f = \frac{c}{\lambda}$

$$KE_{max} = h\frac{c}{\lambda} - w = \frac{6.63 \, x \, 10^{-34} \, x \, 3 \, x \, 10^{8}}{300 \, x \, 10^{-9}} - 2.46 \, x \, 1.6 \, x \, 10^{-19} = 2.694 \, x \, 10^{-19} \, J$$

$$KE_{max} = \frac{2.694 \, x \, 10^{-19}}{1.6 \, x 10^{-19}} = 1.684 (eV)$$

2-

$$\lambda_0 = \frac{hc}{w} = \frac{6.63 \text{ x } 10^{-34} \text{ x } 3 \text{ x } 10^{8}}{2.46 \text{ x } 1.6 \text{ x } 10^{-19}} = 5.053 \text{ x } 10^{-7} m = 505.3 nm$$

مثال 3: جد طول موجة دي برولي المرافقة لكرة كتلتها 0.0221kg تتحرك بانطلاق مقداره 3m/s مع العلم ان ثابت بلانك يساوي $h = 6.63 \text{ x } 10^{-34} J.s$.

الحـــل

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \text{ x } 10^{-34}}{0.221 \text{ x } 3} = 10^{-33} m$$

مثال 4 : جد طول موجة دي برولي المرافقة لالكترون يتحرك بانطلاق مقداره $6 \text{ x } 10^{6} \, m/s$ مع العلم بان كتلة الالكترون تساوي $9.11 \text{ x } 10^{-31}$ kg و ثابت بلاك يساوي $6.63 \text{ x } 10^{-34} J.s$.

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \text{ x } 10^{-34}}{9.11 \text{ x } 10^{-31} \text{ x } 6 \text{ x } 10^{6}} = 0.121 \text{ x} 10^{-9} m$$

مثال 5: اذا كانت اللادقة في زخم الالكترون تساوي $3.5 \times 10^{-24} kg\frac{m}{s}$ ، جد اللادقة في موضع الالكترون ، مع العلم بان ثابت بلانك يساوي $6.63 \times 10^{-34} J.s$.

$$\Delta X \Delta P \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta X \geq \frac{h}{4\pi \Delta P} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 3.5 \times 10^{-24}} \geq 1.508 \times 10^{-11} m$$

أسئلة عامة و أسئلة وزارية

الأسئلة الكلامية

س1/ ماذا يحصل عند زيادة شدة الضوء الساقط (لتردد معين مؤثر) على سطح فلزي معين في الظاهرة الكهروضوئية؟

يزداد تيار الإشباع.

س2/اختر الإجابة الصحيحة

افترض انه قيس موضع جسيم بدقة تامة أي أن ($\Delta X = 0$) فان اقل لادقة في زخم هذا الجسيم تساوي

(مالا نهاية ، صفر ، $h/4\pi$ ، $h/4\pi$)

مالا نهاية

س3/ علام تدل قيمة كبيرة لـ $|\Psi^2|$ لجسيم في مكان و زمان معينين حيث إن Ψ تمثل دالة الموجة ؟

تعني احتمالية كبيرة لوجود الجسيم في المكان و الزمان المعينين.

س4/ اختر الإجابة الصحيحة

كثافة الاحتمالية لإيجاد جسيم في نقطة و لحظة معينتين تتناسب:

(طرديا مع $|\Psi^2|$ ، طرديا مع $|\Psi|$ ، عكسيا مع $|\Psi^2|$

(طرديا مع $|\Psi^2|$

س5/ من خلال دراستك لنشاط الظاهرة الكهروضوئية ، ماذا يحصل:

أولا : عند زيادة شدة الضوء الساقط (لتردد معين مؤثر).

ثانيا: في حالة عكس قطبية فولطية المصدر ، أي الحالة التي يكون اللوح الباعث موجبا و اللوح الجامع سالبة ΔV سالبة.

ثالثا: عند زيادة سالبية الجهد اللوح الجامع تدريجيا.

الإجابة:

أولا : يزداد تيار الإشباع.

ثانيا : يهبط التيار تدريجيا الى مقدار اقل.

ثالثا: يقل التيار المار في الدائرة الى الصفر.

س6/اختر الإجابة الصحيحة

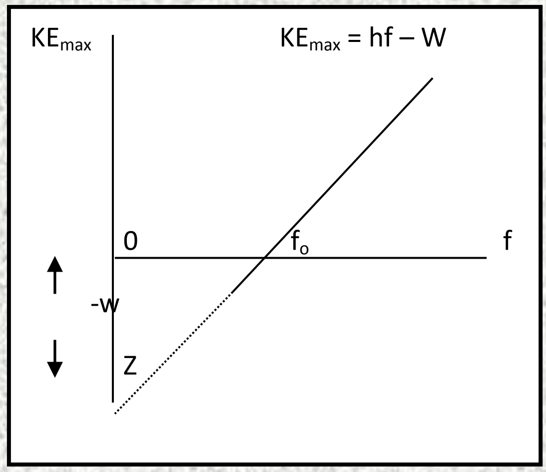
الموجات المرافقة لحركة جسيم مثل الإلكترون هي :

(موجات ميكانيكية طولية ، موجات ميكانيكية مستعرضة ، موجات مستعرضة ، موجات مادية)

موجات مادية

س7/ وضح برسم بياني العلاقة بين الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة من سطح المعدن و تردد الضوء الساقط ، و ما الذي يمثله الخط المستقيم؟

إن ميل الخط المستقيم يمثل قيمة ثابت بلانك



س8/ ما العلاقة بين اللادقة في قياس موضع الجسم و اللادقة في زخم الجسم في مبدأ اللادقة؟

$$\Delta X . \Delta P \geq \frac{h}{4\pi}$$

س9/ علل : عادة يفضل استعمال خلية كهروضوئية نافذتها من الكوارتز بدلا من الزجاج في تجربة الظاهرة الكهروضوئية؟

لان النافذة المصنوعة من الكوارتز تمرر من خلالها الأشعة فوق البنفسجية زيادة على الضوء المرئي حيث نحصل على مدى أوسع من الترددات .

س10/ لماذا فشلت المحاولات العديدة لدراسة الطيف الكهرومغناطيسي المنبعث من الجسم الأسود كدالة للطول الموجي عند درجة حرارة معينه وفقا لقوانين الفيزياء الكلاسيكية؟

إن سبب فشل هذه المحاولات كان ناجما من افتراض أن الطاقة المنبعثة هي مقادير مستمرة (غير محددة) أي بمقادير غير منفصلة عن بعضها البعض.

س11/ سقط ضوء طاقته تساوي 5 eV على معدن الألمنيوم فانبعث الكترونات ضوئية . و عند سقوط الضوء نفسه على معدن البلاتين لم تنث الكترونات ضوئية . فسر ذلك إذا علمت أن دالة الشغل لمعدن الألمنيوم تساوي 4.8 eV و دالة الشغل لمعدن البلاتين تساوي 6.35 eV .

في حالة معدن الألمنيوم انبعث الكترونات ضوئية لان طاقة فوتون الضوء الساقط 5eV هي اكبر من دالة الشغل لمعدن الألمنيوم 4.08 eV و بذلك تكون الطاقة الحركية العظمى اكبر من الصفر 0.92 eV. حسب العلاقة: $KE_m = hf - w$

أما في حالة معدن البلاتين فلا تنبعث الكترونات ضوئية لان طاقة الفوتون للضوء الساقط اقل من دالة الشغل W .

مسائل الفصل

س1/إذا علمت إن الطول الموجي المقابل لذروة الإشعاع المنبعث من نجم بعيد يساوي 480nm فما هـــــي درجـــــة حرارة سطحه(اعتبر النجم يشع كجسم اسود).

$$\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3}$$

$$T = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{480 \times 10^{-9}} = 6037.5\ K$$

س2/ فوتون طوله الموجي 3nm . احسب مقدار زخمه.

$$P = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{3 \times 10^{-9}} = 2.21 \times 10^{-25}\ kg \cdot \frac{m}{s}$$

س3/ يتوقف تحرير الالكترونات الضوئية من سطح معدن عندما يزيد طول موجة الضوء الساقط علية عن 600nm فإذا أضيء سطح لمعدن نفسه بضوء طول موجته 300nm فما الطاقة الحركية العظمى التي تنبعث بها الالكترونات الضوئية من سطح المعدن مقدرة وحدة الجول أولا و بوحدة الإلكترون – فولط ثانيا؟

$$f_o = \frac{c}{\lambda_o} = \frac{3 \times 10^{8}}{600 \times 10^{-9}} = 0.5 \times 10^{15}\ Hz$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{8}}{300 \times 10^{-9}} = 10^{15}\ Hz$$

$$K.E_{max} = hf - w = 6.63 \times 10^{-34} \times 10^{15} - 6.63 \times 10^{-34} \times 0.5 \times 10^{15} = 3.315 \times 10^{-19}\ J$$

$$K.E_{max} = \frac{3.315 \times 10^{-19}\ J}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.072\ eV$$

س4/ سقط ضوء طول موجته يساوي 10^{-7}m على سطح مادة دالة شغلها تساوي 1.67×10^{-19} فانبعثت الكترونات ضوئية من السطح جد :

1. الانطلاق الأعظم للالكترونات الضوئية المنبعثة من سطح المادة.
2. طول موجة دي برولي المرافقة للالكترونات الضوئية المنبعثة ذات الانطلاق الأعظم.

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{8}}{10^{-7}} = 3 \times 10^{15}\ Hz$$

$$K.E_{max} = hf - w = 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{15} - 1.67 \times 10^{-19} = 18.22 \times 10^{-19}\ J$$

$$K.E_{max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2$$

$$18.22 \times 10^{-19} = \frac{1}{2}\ 9.11 \times 10^{-19} \times \vartheta^2$$

$$\vartheta_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 18.22 \times 10^{-19}}{9.11 \times 10^{-31}}} = 2 \times 10^{6}\ m/s$$ الانطلاق الأعظم

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 2 \times 10^{6}} = 0.364\ nm$$ طول موجة دي برولي المرافقة للالكترونات الضوئية ذات الانطلاق الأعظم

س5/ سقط ضوء تردده $(0.6 \times 10^{15} Hz)$ على سطح معدن فوجد إن جهد الإيقاف للالكترونات الضوئية المنبعثة ذات الطاقة الحركية العظمى يساوي $(0.18\ volt)$ و عندما سقط ضوء تردده $(1.6 \times 10^{15} Hz)$ على نفس سطح المعدن وجد أن جهد الإيقاف يساوي $(4.324\ volt)$ ز جد قيمة ثابت بلانك.

$K.E_{max} = e V_s$ ....(1)

$K.E_{max} = hf - W$ ....(2)

من العلاقتين (1) و (2) نحصل على :

$e V_s = hf - W$ ....(3)

$e V_{s1} = hf_1 - W$ ....(4) بالنسبة للضوء الأول ذو التردد $0.6 \times 10^{15} Hz$

$e V_{s2} = hf_2 - W$ ....(5) بالنسبة للضوء الثاني ذو التردد $1.6 \times 10^{15} Hz$

نلاحظ إن دالة الشغل (*W*) هي نفسها لان المعدن هو نفسه لم يتغير و بطرح العلاقة (*4*) من العلاقة (*5*) نحصل على:

$eV_{s2} - eV_{s1} = hf_2 - hf_1$

$e(V_{s2} - V_{s1}) = h(f_2 - f_1)$

$\therefore h = \frac{e\,(Vs2 - Vs1)}{(f2 - f1)}$ ....(6)

$h = \frac{1.6 \times 10^{-19}\,(4.324 - 0.18)}{(1.6 \times 10^{15} - 0.6 \times 10^{15})} = 6.63 \times 10^{-34}\ J.s$

س6/ جد طول موجة دي بروِلي المرافقة لإلكترون تم تعجيله خلال فرق جهد مقداره 100 volt ؟

من قانون حفظ الطاقة (الطاقة الكامنة الكهربائية = الطاقة الحركية)

$\therefore\ K.E = P.E$

$\therefore\ \frac{1}{2} m v^2 = e V$

$\therefore\ v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 100}{9.11 \times 10^{-31}}} = 5.927 \times 10^6\ m/s$

$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 5.927 \times 10^6} = 0.123\ nm$

س7/ بروتون طاقته الحركية تساوي 1.6×10^{-13}J إذا كانت اللادقة في زخمه تساوي 5% من زخمه الأصلي ، فما هي اقل لادقة في موضعه؟

اعتبر كتلة البروتون تساوي 1.67×10^{-27}kg

$$\Delta X \Delta P = \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta X = \frac{h}{4\pi\Delta P} = \frac{h}{4\,\pi\Delta P} \quad \text{.......................(1)}$$

$$\Delta P = \frac{5}{100} \times P \quad \text{...........................(2)}$$

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

نضرب البسط و المقام x m

$$KE = \frac{m^2v^2}{2m} = \frac{p^2}{2m}$$

$$P = \sqrt{2mk} = \sqrt{2 \times 1.67 \times 10^{-27} \times 1.6 \times 10^{-13}} = 2.312 \times 10^{-20} kg.\frac{m}{s}$$

$$\Delta P = \frac{5}{100} \times 2.312 \times 10^{-20} = 11.56\,x\,10^{-22}\ kg.\frac{m}{s}$$

$$\Delta X = \frac{h}{4\pi\Delta P} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 11.56 \times 10^{-22}} = 4.566 \times 10^{-14}\ m$$

س8/ افترض أن اللادقة في موضع جسيم كتلته m و انطلاقه ϑ تساوي طول موجة دي برولي المرافقة له . برهن على أن :

$$\frac{\Delta\vartheta}{\vartheta} \geq \frac{1}{4\pi}$$

$$\Delta X \Delta P \geq \frac{h}{4\pi} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots 1$$

و من السؤال نحصل $\Delta X = \lambda$............... 2

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad \text{..................3}$$

$$\Delta X = \frac{h}{m\vartheta} \quad \text{...........4}$$

$$\Delta P = m\Delta\vartheta \quad \text{..........5}$$

نعوض العلاقة 4 و العلاقة 5 في العلاقة 1 نحصل:

$$\frac{h}{m\vartheta} . m\Delta\vartheta \geq \frac{h}{4\pi}\ , \quad \frac{\Delta\vartheta}{\vartheta} \geq \frac{1}{4\pi}$$

الفصل السادس :الكترونيات الحالة الصلبة

- إن أساس عمل الأجهزة الالكترونية التي تستخدم في مختلف الميادين كالطب و الهندسة و غيرها مثل الرادار و التلفاز تعتمد على الثنائيات البلورية المختلفة و الترانزستورات و الدوائر المتكاملة.
- إن الذرة تتكون من النواة الموجبة الشحنة و تقع في مركز الذرة و الكترونات سالبة الشحنة تدور حول النواة في مدارات تسمى الأغلفة. حيث ترتبط الالكترونات بالنواة بقوة الجذب(الشحنات المختلفة تتجاذب).
- إن الالكترونات التي تمتلك اكبر مقدار من الطاقة(اقل قوة جذب أي ضعيفة الارتباط بنواة الذرة) تكون هي الأبعد عن النواة فيكون موقعها في الغلاف الخارجي الذي يسمى بغلاف التكافؤ و الإلكترون الموجود فيه يسمى إلكترون التكافؤ.
- إن الكترونات التكافؤ تسهم في التفاعلات الكيميائية و هي التي تحدد الخواص الالكترونية للمادة.
- إن الإلكترون يمتلك طاقة سالبة نسبة الى مستوى الطاقة الصفري $E=0$ حيث إن مستوى الطاقة الصفري يعد أعلى مستوى للطاقة و ذلك بسبب ارتباط الإلكترون بقوة جذب مع النواة. و كما في ذرة الهيدروجين فان اقل مقدار للطاقـــــة يمتلكه الإلكترون يساوي $-13.6\ eV$ و هذا يعني انه إذا اكتسب الإلكترون طاقة مقدارها $+13.6\ eV$ فانه سيتحرر من الذرة و هو في المستوى الأرضي الأقرب الى النواة و هذا ينطبق على الذرة المنفردة فقط.

الموصلات و العوازل و أشباه الموصلات:

1. الموصلات : هي المواد التي تسهل انسياب التيار الالكتروني خلالها لذا تتحرك الشحنات الكهربائية بسهولة في الموصلات و من أمثلتها النحاس و الألمنيوم و الذهب و الفضة و تمتاز ذراتها بان لها إلكترون تكافؤ واحد يرتبط مع النواة ارتباطا ضعيفا جدا لتتمكن من فك ارتباطها بسهولة مع النواة لتصير الكترونات حرة لذا فالمواد الموصلة تحتوي على وفرة من الالكترونات الحرة الحركة حيث ينشا تيار الكتروني خلال الموصل بتسليط فرق جهد مناسب بين طرفيه نتيجة لحركة هذه الالكترونات باتجاه واحد و إن المقاومة النوعية لهذه المواد بحدود$(10^{-8} - 10^{-5}\ \Omega.m)$.
2. المادة العازلة : هي المواد التي لا تسمح بانسياب التيار الالكتروني خلالها في الظروف الاعتيادية و تكون الكترونات التكافؤ فيها مرتبطة ارتباطا وثيقا بالنواة و تكون مقاومتها النوعية بحدود$(10^{10} - 10^{16}\ \Omega.m)$.
3. المواد شبه الموصلة: و هـــي المواد التي تتحرك فيها الشحنات الكهربائية بحرية اقل مما هي عليه في المواد الموصلة و إن المقاومة الكهربائية النوعية لمادة شبه الموصل تقع بين المقاومة النوعية للمواد الموصلة و شبـــــــه الموصلة و تقع بحدود $(10^{-5} – 10^{8}\ \Omega.m)$.

إن مستويات الطاقة للمواد الصلبة التي تحتوي على عدد هائل من الذرات المتراصفة في المواد الموصلة تكون متداخلة مع بعضها البعض مما يؤدي الى تأثير الكترونات أي ذرة بالكترونات الذرات المجاورة لها بنفس المادة و بالتالي تقسم مستويات الطاقة المسموح بها في الأغلفة الثانوية الخارجية المتقاربة جدا من بعضها بشكل حزم و كل حزمة منها ذات مستويات طاقة ثانوية متقاربة جدا من بعضها مكونة ما يسمى بحزم الطاقة .

س/ هناك نوعان من حزم الطاقة يحددان الخواص الالكترونية للمادة. ما هما؟ و ما الفرق بينهما؟.

الحزمة الأولى	الحزمة الثانية
تسمى حزمة التكافؤ	تسمى حزمة التوصيل
تحتوي مستويات طاقة مسموح بها طاقتها واطئة	تحتوي مستويات طاقة مسموح بها طاقتها عالية
تكون مملوءة كليا او جزئيا بالالكترونات و لا يمكن أن تكون خالية	تكون مملوءة بالالكترونات في المواد الموصلة فقط
لا تتمكن الكتروناتها من الحركة بين الذرات بسبب قربها من النواة فهي ترتبط بالنوى بقوى كبيرة.	تتمكن الكتروناتها من الحركة بسهولة لتشارك في عملية التوصيل الكهربائي.

س/ ماذا نقصد بثغرة الطاقة المحظورة . و أين تقع؟

و هي منطقة محظورة لا تحتوي مستويات طاقة مسموح بها حيث لا تسمح للالكترونات إن تشغلها و تقع بين حزمة التكافؤ و حزمة التوصيل لذا يحتاج الإلكترون طاقة كافية لكي ينتقل من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل و من مصدر خارجي مقدارها لا يقل عن مقدار ثغرة الطاقة المحظورة مثل الطاقة الكهربائية و الضوئية و الحرارية.

س/ ما الذي يميز حزم الطاقة في المواد الموصلة و العوازل و المواد شبه الموصل؟

المواد الموصلة	المواد العازلة	المواد شبه الموصلة
تتداخل حزمة التكافؤ مع حزمة التوصيل	إن حزمة التكافؤ مملوءة بالالكترونات و حزمة التوصيل تكون خالية	إن حزمة التكافؤ مملوءة بالالكترونات و حزمة التوصيل تكون خالية
تنعدم ثغرة الطاقة المحظورة بين حزمة التكافؤ و حزمة التوصيل و هذا هو سبب امتلاك المعادن قابلية توصيل عالية حيث تكون الكترونات التكافؤ حرة الحركة.	ثغرة الطاقة المحظورة تكون واسعة نسبيا و هذا هو سبب عدم امتلاكها قابلية التوصيل الكهربائي حيث يصعب على الكترونات التكافؤ العبور الى حزمة التوصيل.	ثغرة الطاقة المحظورة ضيقة نسبيا حيث ممكن بأقل طاقة أن يعبر إلكترون التكافؤ الى حزمة التوصيل

ملاحظة :

- إن قابلية التوصيل الكهربائي في المعادن تقل بارتفاع درجة حرارتها و ذلك بسبب ازدياد مقاومتها لازدياد المعدل الزمني للطاقة الاهتزازية للذرات.(التيار يتناسب عكسيا مع المقاومة).
- إن أشباه الموصلات تسلك سلوك العوازل عند الدرجات الحرارية المنخفضة جدا عند درجة الصفر كلفن وعند انعدام الضوء.
- إن تسليط مجال كهربائي كبير المقدار على المادة العازلة او تعرضها لتأثير حراري كبير يؤدي الى انهيار العازل فينساب تيار قليل جدا (تذكر زيادة المجال الكهربائي للمتسعة يؤدي الى تلفها بسبب الانهيار الكهربائي)وزاري.

أشباه الموصلات النقية:

إن أهم أشباه الموصلات الأكثر استعمالا في التطبيقات الالكترونية هي الجرمانيوم و السيلكون حيث تحتوي كل ذرة منهما على أربعة الكترونات تكافؤ لذا فان كل ذرة سيلكون تتحد بوساطة الكترونات التكافؤ الأربعة مع أربع ذرات مجاورة لها من السيلكون ، و بهذا تنشا ثمانية الكترونات تكافؤ يكون كل زوج منها آصرة تساهمية تربط كل ذرتين متجاورتين في بلورة السيلكون و تجعل البلورة في حالة استقرار كيميائي.

س/ علل يكون السيلكون النقي عازلا في درجات الحرارة المنخفضة جدا.

و ذلك لان حزمة التوصيل تكون فارغة عند درجة الصفر كلفن لعدم وجود طاقة كافية للالكترونات لكي تنتقل من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل.

س/ كيف يمكن زيادة قابلية التوصيل الكهربائي لمادة شبه الموصل النقي(السيلكون او الجيرمانيوم)؟

و ذلك بجعل الكترونات التكافؤ تكتسب طاقة حرارية او كهربائية او ضوئية (رفع درجة حرارة شبه الموصل الى درجة حرارة الغرفة) كافية لكسر بعض الأواصر التساهمية تمكنها من الانتقال من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل حيث تكون ثغرة الطاقة ضيقة فتكون الالكترونات حرة الحركة في حزمة التوصيل. و يجب أن يكون مقدار هذه الطاقة لا يقل عن ثغرة الطاقة المحظورة.

إن زيادة درجـــــــة الحرارة المؤثرة على شبه الموصل النقي يؤدي الـــــى زيادة معدل توليد الأزواج (إلكترون – فجوة) مهم فيه و ذلك لتكسر الأواصر التساهمية فينتقل الإلكترون الى حزمة التوصيل تاركا وراءه حيزا فارغا في حزمة التكافؤ يسمى الفجوة التي تكون موجبة الشحنة و يكون عدد الالكترونات السالبة العابرة الى حزمة التوصيل مساويا الى عدد الفجوات الموجبة في حزمة التكافؤ.

لاحظ :

- إن استمرار التأثير الحراري يؤدي الى استمرار عملية توليد الأزواج(إلكترون – فجوة) حيث كلما زادت عدد الالكترونات المنتقلة الى حزمة التوصيل زادت عدد الفجوات المتولدة في حزمة التكافؤ و هذا يعني حصول نقصان في المقاومة النوعية لمادة شبه الموصل بارتفاع درجة الحرارة.
- يعتمد المعدل الزمني لتوليد الأزواج في شبه الموصل على مهم: 1- درجة حرارة شبه الموصل. 2- نوع مادة شبه الموصل.
- يقل مقدار ثغرة الطاقة المحظورة في السيلكون النقي بارتفاع درجة الحرارة فوق الصفر كلفن حتى درجة حرارة الغرفة 300K حيث عند هذه الدرجة يتساوى تركيز الفجوات الموجبة المتولدة في حزمة التكافؤ مساويا الى تركيز الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل.
- إن ثغرة الطاقة المحظورة تختلف من مادة الى مادة أخرى.

تيار الالكترونات و تيار الفجوات:

و هو تيار يتولد عند تسليط مجال كهربائي مناسب بين جانبي بلورة شبه الموصل النقي مثل السيلكون و عند درجة حرارة الغرفة.

تيار الالكترونات: و هو التيار الذي ينشا نتيجة حركة الالكترونات الحرة عندما تنجذب الالكترونات الحرة السالبة نحو الطرف الموجب عند تسليط مجال كهربائي بين جانبي بلورة شبه الموصل النقي مثل السيلكون النقية عند درجة حرارة الغرفة و يكون اتجاه حركة الالكترونات عكس اتجاه المجال الكهربائي المسلط.

تيار الفجوات: و هو التيار الذي ينشا نتيجة حركة الفجوات الموجبة داخل البلورة . حيث يكون اتجاهه باتجاه المجال الكهربائي المسلط حيث تتحرك الفجوات عكس اتجاه حركة الالكترونات.

أما التيار الكلي المنساب خلال شبه الموصل النقي هو التيار الناتج مـــن مجموع تيارات الالكترونات و الفجوات. و تسمى الالكترونات و الفجوات حوامل الشحنة.

- إن إشغال الالكترونات بمستوى طاقـــة مسموح بها يحدد او يقارن نسبة الى مستوى طاقة معين يسمى مستوى فيرمي و هو أعلى مستوى طاقة مسموح به يمكن أن يشغله الإلكترون عند حرارة الصفر المطلق 0K وزاري.
- في الموصلات و عند درجة حرارة الصفر المطلق يقع مستوى فيرمي فوق المنطقة المملوءة بالالكترونات من حزمة التوصيل و مستوى الطاقة الذي تشغله هذه الالكترونات يكون تحت مستوى فيرمي.
- في أشباه الموصلات النقية يقع مستوى فيرمي في منتصف ثغرة الطاقة المحظورة بين حزمة التوصيل و حزمة التكافؤ مهم.

أشباه الموصلات المطعمة (المشوبة او غير النقية):

نلجأ الى تطعيم شبه الموصل النقي بشوائب خماسية او ثلاثية التكافؤ إذا كان التأثير الحراري يعمل على زيادة قابليته في التوصيل الكهربائي لعدم إمكانية السيطرة على قابلية التوصيل الكهربائي لمادة شبه الموصل النقي بطريقة التأثير الحراري فتضاف شوائب ذراتها خماسية التكافؤ او ثلاثية التكافؤ بعناية و بمعدل مسيطر عليه بنسبة واحد الى 10^8 تقريبا و بدرجة حرارة الغرفة و بنسب قليلة و محددة في بلورة شبه موصل نقية و تسمى هذه العملية بالتطعيم.

س/كيف يمكن الحصول على بلورة شبه الموصل نوع N؟

يتطلب تطعيم بلورة شبه موصل نقية (سيلكون او جرمانيوم) بشوائب ذراتها خماسية التكافؤ مثل الانتيمون si بعناية و بمعدل مسيطر عليه و في درجة حرارة الغرفة و نتيجة لذلك فان كل ذرة انتيمون تزيح ذرة سيلكون من التركيب البلوري و ترتبط مع أربع ذرات سيلكون مجاورة لها و تتم عملية الارتباط هذه بواسطة أربعة من الكترونات التكافؤ الخمسة للذرة الشائبة أما إلكترون التكافؤ الخامس للذرة خماسية التكافؤ فيترك حرا في الهيكل البلوري.

ان بلورة السيلكون نوع n تكون متعادلة الشحنة على الرغم من ان عدد الالكترونات اكبر من عدد الفجوات حيث لا تشارك بعض الالكترونات في عملية التوصيل الكهربائي فيكون عدد الالكترونات المشاركة في عملية التوصيل الكهربائي مساويا الى عدد الفجوات.

إن الذرات المانحة في بلورة شبه الموصل تتسبب في ازدياد تركيز الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل و تقلل من تركيز الفجوات الموجبة في حزمة التكافؤ المتولدة أصلا بالتأثير الحراري لذا فان الذرات المانحة تضيف مستوى طاقة جديد يسمى المستوى المانح يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة و تحت حزمة التوصيل مباشرة حيث تشغل هذا المستوى الالكترونات التـــــي حررتها الذرات المانحة و نتيجة لذلك يرتفع مستوى فيرمى و يقترب من حزمة التوصيل.مهم

س/ لماذا تسمى الالكترونات بحاملات الشحنة الرئيسية (او الحاملات الأغلبية) و الفجوات بحاملات الشحنة الثانوية (او الحاملات الأقلية) في بلورة شبه الموصل نوع N.

لان الالكترونات قد تولدت من عملية التطعيم و التأثير الحراري أما الفجوات فإنها قد تولدت من التأثير الحراري فقط. حيث تسمى بالبلورة السالبة نوع N لان الحاملات الأغلبية للشحنة هي الالكترونات السالبة و الحاملات الأقلية هي الفجوات.

إن صافي الشحنة الكلية للبلورة نوع N يساوي صفر أي متعادلة كهربائيا
لأنها تمتلك عددا من الشحنات السالبة مساويا لعدد الشحنات الموجبة

شبه الموصل نوع P:

للحصول على بلورة نوع P يتطلب تطعيم بلورة شبه الموصل النقية سيلكون او جرمانيوم بذرات شوائب ثلاثية التكافؤ مثل البورن B بعناية و بمعدل مسيطر عليه و بدرجة حرارة الغرفة و نتيجة لذلك فان كل ذرة شائبة تزيح ذرة سيلكون من التركيب البلوري و ترتبط مع ثلاث ذرات سليكون مجاورة لها و لكن الشائبة الثلاثة التكافؤ تترك آصرة تساهمية تفتقر الى إلكترون واحد و نتيجة لذلك تتولد فجوة في بلورة السيلكون المطعمة بشوائب ثلاثية التكافؤ تقبل إلكترونا من الكترونات التكافؤ لكي ترتبط بأربعة أواصر تساهمية مع أربع ذرات سيلكون و لهذا السبب فان الشائبة ثلاثية التكافؤ تسمى بالذرة القابلة.

س/ إن الايون السالب المتولد عند إضافة شائبة من نوع القابل الى بلورة شبه الموصل النقية لا يعد من حاملات الشحنة؟

لان هذا الايون السالب يرتبط مع أربع ذرات مجاورة و يرتبط مع الهيكل البلوري ارتباطا وثيقا فلا يتحرك و لا يعد من حاملات الشحنة و لا يشارك في عملية التوصيل الكهربائي لشبه الموصل المطعم.

المستوى القابل و هو مستوى طاقة جديد تضيفه الذرات القابلة يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة و فوق حزمة التكافؤ مباشرة و نتيجة لذلك ينخفض مستوى فيرمي و يقترب من حزمة التكافؤ. و يتولد نتيجة إضافة شوائب ثلاثية التكافؤ الى المادة شبه الموصلة النقية حيث تنتقل إليه الالكترونات من حزمة التكافؤ مخلفة وراءها فجوات في حزمة التكافؤ.مهم

س/ لماذا تسمى الفجوات في حزمة التكافؤ بالنواقل الرئيسة (حاملات الأغلبية) للشحنة و الالكترونات في حزمة التوصيل بالحاملات الثانوية (الحاملات الأقلية) حيث نحصل على بلورة شبه موصل نوع P؟

و ذلك لان الذرة الشائبة ثلاثية التكافؤ تتسبب في نشوء فجوة في حزمة التكافؤ عند قبولها إلكترونا من الكترونات التكافؤ و لا يحصل انتقال الكترونات إضافية الى حزمة التوصيل كما حصل في التأثير الحراري فيكون تركيز الفجوات في حزمة التكافؤ اكبر من تركيز الالكترونات في حزمة التوصيل. حيث تتولد الفجوات من عملية التطعيم و التأثير الحراري أما الالكترونات فإنها تتولد من التأثير الحراري فقط.

إن صافي الشحنة الكلية للبلورة نوع P يساوي صفر أي متعادلة كهربائيا لأنها تمتلك عددا من الشحنات السالبة (الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل و الايونات السالبة للشوائب ثلاثية التكافؤ) مساويا لعدد الشحنات الموجبة(الفجوات في حزمة التكافؤ)مهم

- مقدار ثغرة الطاقة لشبه الموصل النقي عند درجة الصفر المطلق (1.2eV) للسيلكون و (0.78eV) الجرمانيوم.
- مقدار ثغرة الطاقة لشبه الموصل النقي عند درجة حرارة الغرفة (300K) (1.1 eV) للسيلكون و (0.72eV) الجرمانيوم.

الثنائي PN:

إن الغرض او الفائدة من الثنائي PN هومهم:

1- وسيلة للتحكم باتجاه التيار . 2- لتغيير او تحسين الإشارات الخارجة.

يأخذ الثنائي إشكالا مختلفة من الثنائيات البلورية التي تستعمل في الأجهزة الالكترونية.

نحصل على الثنائي البلوري PN بان نأخذ بلورة شبه موصل نقية (سيلكون او جرمانيوم) تطعم بنوعين من الشوائب احدهما ثلاثية التكافؤ مثل البورون فنحصل على منطقة شبه موصل نوع P و الثانية خماسية التكافؤ مثل الانتيمون فنحصل على منطقة شبه موصلة نوع N و تطلى منطقة الاتصال بمادة فلزية بحيث يمكن وصل الأسلاك الموصلة بها عند ربط الثنائي البلوري pn بالدائرة الخارجية و يطلق على السطح الفاصل بين المنطقتين الملتقى.

تنشا منطقة الاستنزاف في الثنائي البلوري pn عندما تنتشر الالكترونات الحرة في المنطقة N و القريبة من الملتقى pn الى المنطقة P عبر الملتقى مولدة ايونات موجبة في المنطقة N و في نفس الوقت تنتقل فجوات من المنطقة P الى المنطقة N عبر الملتقى مولدة ايونات سالبة في المنطقة P حيث تلتحم الالكترونات مع الفجوات القريبة من الملتقى فتنشأ منطقة رقيقة على جانبي الملتقى تحتوي ايونات موجبة في المنطقة N و ايونات سالبة في المنطقة P و تكون خالية من حاملات الشحنة و تسمى هذه المنطقة **بمنطقة الاستنزاف**.مهم

ملاحظة /

- في حالة الاتزان يتوقف انتشار الالكترونات عبر الملتقى PN و تفسير حصول ذلك هو أن استمرار انتشار الالكترونات عبر الملتقى PN يولد ايونات موجبة أكثر و ايونات سالبة أكثر على جانبي الملتقى PN في منطقة الاستنزاف فيتولد نتيجة لذلك مجال كهربائي (يمثل باسهم حمراء اللون) حيث يعمل فرق الجهد الكهربائي الناتج عن هذا المجال على منع عبور الكترونات إضافية عبر الملتقى PN فتتوقف عندئذ عملية انتشار الالكترونات و يسمى بحاجز الجهد.
- حاجز الجهد pn هو فرق جهد كهربائي يولد نتيجة تولد مجال كهربائي على جانبي الملتقى pn بسبب ظهور ايونات موجبة في المنطقة n و ايونات سالبة في المنطقة P.
- يعتمد مقدار حاجز الجهد في الثنائي pn على نوع مادة شبه الموصل المستعملة و على نسبة الشوائب المطعمة بها و على درجة الحرارةوزاري.
- مقدار حاجز الجهد في الثنائي pn عند درجة حرارة الغرفة 300K و يساوي 0.7V للسيلكون و 0.3V للجرمانيوم.

فولطية الانحياز للثنائي PN:

- إن انتشار الالكترونات عبر الملتقى PN يتوقف عند حصول حالة الاتزان ، لذا يتطلب تسليط فرق جهد كهربائي مستمر يسمى فولطية الانحياز لتوفير ظروف عمل مناسبة للجهاز الالكتروني المستعمل.
- توجد طريقتان لانحياز الملتقى PN و هما طريقة الانحياز الأمامي و طريقة الانحياز العكسي.
- في طريقة الانحياز الأمامي يربط طرفا الثنائي بين قطبي بطارية بوساطة أسلاك توصيل و مقاومة لتحديد مقدار التيار المنساب خلال الثنائي و لتجنب تلف الثنائي و في هذه الطريقة يربط القطب الموجب للبطارية مع المنطقة P و القطب السالب مع المنطقة N للثنائي و يجب أن يكون فرق الجهد المسلط على طرفي الثنائي اكبر من فرق جهد الحاجز للملتقى PN.
- عندما يكون الثنائي PN محيزا أماميا فسوف تتنافر الالكترونات الحرة في المنطقة N و هي الحاملات الأغلبية للشحنة في المنطقة N مع القطب السالب للبطارية مندفعة نحو الملتقى pn مكتسبة طاقة من البطارية تمكنها من التغلب على حاجز الجهد الكهربائي و تعبر الملتقى pn الى المنطقة P و في الوقت نفسه تتنافر الفجوات في المنطقة P و هي حاملات الأغلبية للشحنة في المنطقة P مع القطب الموجب للبطارية نحو الملتقى pn مكتسبة طاقة من البطارية تمكنها من التغلب على حاجز الجهد و تعبر الملتقى الى المنطقة N و بذلك تضيق منطقة الاستنزاف و يقل حاجز الجهد للملتقى pn لان اتجاه المجال الكهربائي المسلط على الثنائي يكون معاكسا لاتجاه المجال الكهربائي حاجز الجهد و اكبر منه فتقل المقاومة و ينساب تيار كبير خلال الملتقى يسمى التيار الأمامي.
- في طريقة الانحياز العكسي يربط طرفا الثنائي pn بين قطبي بطارية بوساطة أسلاك توصيل و مقاومة في هذه الطريقة يربط القطب السالب للبطارية مع المنطقة P للثنائي و القطب الموجب مع المنطقة N .
- عندما يكون الثنائي PN محيزا عكسيا تنجذب الالكترونات الحرة في المنطقة N نحو القطب الموجب للبطارية مبتعدة عن الملتقى pn و في الوقت نفسه تنجذب الفجوات في المنطقة P نحو القطب السالب للبطارية مبتعدة عن الملتقى pn. و بذلك تتسع منطقة الاستنزاف و يزداد جهد الحاجز على جانبي الملتقى لان اتجاه المجال الكهربائي المسلط على الثنائي يكون باتجاه المجال الكهربائي لفرق حاجز الملتقى pn فتزداد بذلك مقاومة الثنائي. فينساب تيار صغير جدا يهمل يسمى التيار العكسي.
- يمكن تمثيل تغير التيار المنساب في الثنائي البلوري مع تغير مقدار الفولطية المسلطة على طرفي الثنائي في حالتي الانحياز الأمامي و العكسي. فعند زيادة مقدار فولطية الانحياز الأمامي يزداد التيار الأمامي و إذا عكسنا قطبية الفولطية المسلطة أي فولطية الانحياز العكسي يكون التيار المنساب عبر الثنائي البلوري مقاربا للصفر.

إن منطقة الاستنزاف (بين المنطقة P و المنطقة N) في الثنائي البلوري تعد عازلا كهربائيا بين لوحي المتسعة حيث :

- عند ربط الثنائي البلوري بطريقة الانحياز الأمامي تضيق منطقة الاستنزاف و يكون سمك العازل الكهربائي رقيقا و هذا يؤدي الى زيادة سعة المتسعة بين المنطقتين بسبب نقصان البعد بين الصفيحتين لان السعة تتناسب عكسيا مع البعد d.فتقل رادة السعة و يقل حاجز الجهد على جانبي الملتقى .
- و عند ربط الثنائي البلوري بطريقة الانحياز العكسي تتسع منطقة الاستنزاف و يكون العازل الكهربائي سميكا و هذا يؤدي الى نقصان سعة المتسعة بين المنطقتين. فتزداد رادة السعة و يزداد حاجز الجهد على جانبي الملتقى.

بعض أنواع الثنائيات:

س/عدد بعض أنواع الثنائيات ؟

1- الثنائي المتحسس للضوء. 2- ثنائي الخلية الشمسية. 3- الثنائي الباعث للضوء. 4- الثنائي المعدل للتيار.

س/ ما أساس عمل الثنائي المتحسس للضوء و كيف يتم ربطه؟

يعمل على تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربائية و يربط بطريقة الانحياز العكسي قبل تسليط الضوء عليه.

س/ علل لماذا لا ينساب تيار في دائرة الثنائي pn المتحسس للضوء قبل إسقاط الضوء عليه؟

لا ينساب التيار لان الثنائي مربوط بطريقة الانحياز العكسي حيث يكون تيار الالكترونات و الفجوات المتولد بالتأثير الحراري ضعيف جدا يهمل.

س/ ماذا يحصل عند سقوط الضوء على الثنائي البلوري المتحسس للضوء؟

تتولد حاملات جديدة للشحنة و بكمية تعتمد على شدة الضوء الساقط حيث يتناسب مقدار التيار في الثنائي المتحسس للضوء طرديا مع شدة الضوء الساقط عليه.

س/ ما هي أهم استعمالات الثنائي المتحسس للضوء؟

1- في كاشفات الضوء . 2- كمقياس لشدة الضوء .

ثنائي الخلية الضوئية (الخلية الشمسية):

س/ ما أساس عمل الخلية الشمسية و ما هي طريقة ربطها؟

تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربائية و يربط بطريقة الانحياز العكسي لكي يكون التيار الناتج بوساطة توليد الأزواج بالتأثير الحراري يساوي صفر.

س/ ما الذي يحصل عند سقوط الضوء على الخلية الشمسية؟

تتولد قوة دافعة كهربائية بين طرفيه و مقدارها في الثنائي المصنوع من السيلكون 0.5V و الجرمانيوم 0.1V.

يستعمل هذا الثنائي كثيرا في الأقمار الصناعية كمصدر للطاقة فيربط على التوالي لزيادة جهدها و تربط على التوازي لزيادة قدرتها.

الثنائي الباعث للضوء:

س/ما أساس عمل الثنائي الباعث للضوء وما طريقة ربطه؟

يحول الطاقة الكهربائية الى طاقة ضوئية و يربط بطريقة الانحياز الأمامي.(يحيز بالاتجاه الأمامي)مهم.

س/ ماذا يحصل عند تسليط فرق جهد كهربائي خارجي بين طرفي الثنائي الباعث للضوء؟

سوف ينساب تيار في دائرته نتيجة حصول عملية إعادة التحام التي تحصل بين الالكترونات و الفجوات فتتحرر طاقة نتيجة سقوط الالكترونات في الفجوات نتيجة سقوط الالكترونات في الفجوات و هذه الطاقة تظهر بشكل حرارة داخل التركيب البلوري وإذا كانت مادة الثنائي من زرنخيد الكاليوم تكون الطاقة نتيجة سقوط الالكترونات في الفجوات بشكل طاقة ضوئية.

س/ علام يعتمد شدة الضوء المنبعث من الثنائي الباعث و علام يعتمد لون الضوء المنبعث؟

تعتمد شدة الضوء المنبعث على التيار الأمامي للثنائي حيث كلما زاد التيار الأمامي زادت شدة الضوء المنبعث أما لون الضوء فانه يعتمد على المادة المصنوع منها الثنائي.

تستعمل الثنائيات الباعثة للضوء في الحاسبات و الساعات الرقمية لإظهار الأرقام و تعتمد فكرة الشاشات الرقمية على تركيب مجموعة من الثنائيات على شكل مكون من سبع أضلاع إذ يمكن إظهار الرقم المضيء من 9 – 0 بتوزيع التيار الكهربائي على الثنائي المستعمل.

الثنائي المعدل للتيار:

س/ ما هو أساس عمل الثنائي المعدل للتيار؟وزاري

يعمل على تعديل التيار المتناوب الى تيار معدل باتجاه واحد(معدل بنصف موجة) . و يتم ذلك باستعمال أكثر من ثنائيpn.

س/ مالذي يحصل عند ربط الثنائي المعدل للتيار بمصدر فولطية متناوبة؟

عند ربط الثنائي بمصدر فولطية متناوبة فان احد نصفي الموجة (القطبية الموجبة) تجعل انحيازه بالاتجاه الأمامي فيسمح للتيار أن ينساب في الدائرة. أما النصف الثاني للموجة فانه يجعل انحيازه عكسي و عندئذ لا يسمح للتيار أن ينساب في الدائرة .

الترانزستور:

هو جهاز يتكون من ثلاث مناطق مصنوعة من مواد شبه موصلة (سيلكون او جرمانيوم) يفصل بينها ملتقيان و المناطق الثلاثة هي (الباعث ، القاعدة ،الجامع).

الباعث و يرمز له E و هو الذي يجهز حاملات الشحنة لذا فانه يحيز بالاتجاه الأمامي . و تطعم منطقة الباعث دائما بنسبة عالية من الشوائب مهم.

القاعدة و يرمز لها B و تطعم بنسبة قليلة من الشوائب وتكون رقيقة لكي تمر من خلالها اكبر عدد من حاملات الشحنة القادمة من الباعث باتجاه الجامعمهم.

الجامع و يرمز له C و هو الذي يعمل على جذب حاملات الشحنة القادمة من الباعث خلال منطقة القاعدة و هو يحيز بالاتجاه العكسي و تكون نسبة الشوائب فيه متوسطة نسبيا.

يكون الترانزستور على نوعين:

النوع الأول ترانزستور pnp . 2- النوع الثاني ترانزستور npn.

ترانزستور pnp:

يتألف من منطقتين من شبه الموصل نوع P تسمى إحداهما الباعث و الثانية تسمى الجامع تفصل بينهما منطقة رقيقة نسبيا نوع n تسمى القاعدة و المناطق الثلاث هي أقطاب الترانزستور.

إن حاملات الشحنة التي تقوم بعملية التوصيل الكهربائي في هذا النوع هي الفجوات حيث تتحرك من الباعث الى الجامع و هي الحاملات الأغلبية للشحنة.

ترانزستور npn:

يتألف من منطقتين من شبه موصل نوع n تسمى إحداهما الباعث و الثانية تسمى القاعدة تفصل بينهما منطقة رقيقة نسبيا من نوع P تسمى القاعدة و المناطق الثلاث هي أقطاب الترانزستور.

إن حاملات الشحنة التي تقوم بعملية التوصيل الكهربائي في هذا النوع هي الالكترونات التي تتحرك من الباعث الى الجامع و هي الحاملات الأغلبية للشحنة.

- تيار الجامع I_c يكون دائما اقل من تيار الباعث I_E بمقدار تيار القاعدة I_B و ذلك بسبب حصول عملية إعادة الالتحام التي تحصل في منطقة القاعدة بين الفجوات و الالكترونات فيكونمهم: $I_C = I_E - I_B$
- تيار القاعدة يكون صغير جدا نسبة لتيار الباعث لان منطقة القاعدة رقيقة و نسبة تطعيمها بالشوائب قليلة.
- إذا كان تيار القاعدة I_B يساوي **1%** من تيار الباعث I_E فيكون تيار الجامع I_c حوالي **99%** من تيار الباعث و هذا يعني إن تيار الباعث يساوي مجموع تياري القاعدة و الجامع : $I_E = I_C + I_B$

$I_C = 99\%\, I_E \quad , \quad I_B = 1\%\, I_E$

يمكن ربط ثنائيين من نوع pn باتجاهين متعاكسين فنحصل على ترانزستور من نوع pnp و كذلك الحال للترانزستور npn.

استعمال الترانزستور كمضخم:

- إن العمل الأساسي للترانزستور هو تضخيم الإشارة الداخلة فيه.
- أنواع المضخمات هي :
- 1- المضخم pnp ذو القاعدة المشتركة (القاعدة مؤرضة). 2 - المضخم pnp ذو الباعث المشترك(الباعث مؤرض).
- إن اختيار شكل و نوع الترانزستور لتطبيق معين يعتمد اعتمادا كبيرا على ممانعة الدخول و ممانعة الخروج.

المضخم pnp ذو القاعدة المشتركة (القاعدة مؤرضة):

إن عملية التضخيم في الترانزستور تعتمد على سيطرة دائرة الدخول ذات القدرة الواطئة على دائرة الخروج ذات القدرة العاليـــــة. و يتميز المضخم pnp ذو القاعدة المشتركة (القاعدة مؤرضة) بـــ :

1- تكون الممانعة صغيرة جدا في دائرة الدخول (دائرة الباعث – القاعدة) و السبب في ذلك يعود الى أن ملتقى (الباعث – القاعدة) يكون محيزا بالاتجاه الأمامي و تكون الممانعة فــــــــــي دائرة الخروج دائرة(الجامع – القاعدة) كبيرة جـــــــدا لان ملتقى (الجامع – القاعدة) يكون محيزا بالاتجاه العكسي.

2- يكون ربح الفولطية (A_V) كبيرا لان فولطية انحياز دائرة الدخول صغيرة جدا ، و تكون فولطية انحياز دائرة الخروج كبيرة جدا حيث أن :

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

3 – يكون ربح التيار (α) اقل من الواحد الصحيح لان ربح التيار هو نسبة تيار الخروج (تيار الجامع I_c) الى تيار الدخول (تيار الباعث I_E) أي أن:

$$\alpha = \frac{I_c}{I_E}$$

4- ربح القدرة (G) يكون متوسطا حيث ربح القدرة هو نسبة القدرة الخارجة الى القدرة الداخلة او ربح القدرة يساوي ربح التيار مضروبا في ربح الفولطية حيث أن:

$$G = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad , \quad G = \alpha \,.\, A_V$$

5- الإشارة الخارجة تكون بالطور نفسه مع الإشارة الداخلة لان تيار الجامع يتغير باتجاه تيار الجامع وزاري.

لا يمكن أن يستعمل المضخم pnp ذو القاعدة المشتركة لتكبير التيار لان ربح التيار اقل من الواحد الصحيح حيث أن تيار الجامع اصغر من تيار الباعث بمقدار تيار القاعدة و حسب العلاقات الآتية:

$$\alpha = \frac{I_c}{I_E} \quad , \quad I_C = I_E - I_B$$

المضخم pnp ذو الباعث المشترك (الباعث المؤرض):

- في هذا النوع من المضخم نجد أن القاعدة تكون بجهد سالب نسبة للباعث ، و الجامع يكون بجهد سالب نسبة الى كل من الباعث و القاعدة.
- عند وضع فولطية إشارة متناوبة بين طرفي دائرة الدخول ستعمل على تغيير جهد القاعدة. حيث أن أي تغيير صغير في جهد القاعدة سيكون كافيا لإحداث تغيير كبير في تيار (الجامع – القاعدة).
- يتولد فرق جهد كبير المقدار عبر مقاومة الحمل و الذي يمثل فرق جهد الإشارة الخارجة لان التيار ينساب عبر حمل مقاومته R_L كبيرة المقدار.

إن الإشارة الخارجة من دائرة الجامع تكون بطور معاكس لطور الإشـــارة الداخلة في دائرة الباعث (فرق الطور بينهما 180^o) و تفسير ذلك هو أن النصف الموجب لإشارة فولطية الدخول يقلل من مقدار فولطية الانحياز الأمامي لملتقى (الباعث- القاعدة) فيقل بذلك مقدار التيار المنساب في دائرة (الجامع – قاعدة) و المنساب في الحمل R_L و بالنتيجة يتناقص فرق الجهد عبر الحمل و هذا يجعل جهد الإشارة الخارجة سالبا أما النصف السالب للإشارة الداخلة فهو يتسبب في زيادة مقدار فولطية الانحياز الأمامي لملتقى (الباعث – قاعدة) و من ثم يجعل جهد الإشارة موجبا.

تتميز دائرة المضخم pnp ذي الباعث المشترك (الباعث المؤرض) بان :

1- ربح التيار عاليا لان تيار الخروج (تيار الجامع) اكبر من تيار الدخول (تيار القاعدة) لان ربح التيار هو نسبة تيار الخروج الى تيار الدخول و حسب العلاقة:

$$\alpha = \frac{I_c}{I_B}$$ مهم

2- ربح الفولطية كبيرا لان فولطية الخروج اكبر من فولطية الدخول و حسب العلاقة:

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

3- ربح القدرة يكون كبيرا جدا (لان ربح القدرة يساوي ربح الفولطية مضروبا في ربح التيار) و حسب العلاقة:

$$G = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad , \quad G = \alpha \, . A_V$$

الإشارة الخارجة تكون بطور معاكس للإشارة الداخلة فرق الطور 180^o و سبب ذلك هو إن تيار الجامع يتغير باتجاه معاكس لتغير تيار القاعدة.

تذكر

- إن تيار الخروج هو دائما تيار الجامع I_c بغض النظر عن كون الترانزستور ذو باعث مشترك مؤرض او قاعدة مشتركة مؤرضة.
- إن تيار الدخول هو تيار الباعث I_E إذا كانت القاعدة مؤرضة و إذا كان الباعث مؤرضا فان تيار الدخول هو تيار القاعدة I_B.
- إن كل من ربح القدرة و ربح الفولطية و ربح التيار هو عدد مجرد من الوحدات.

الدوائر المتكاملة:

هي جهاز صغير جدا يستعمل للسيطرة على الإشارات الكهربائية في كثير من الأجهزة الكهربائية كالحاسبات الالكترونية و أجهزة التلفاز و الهاتف الخلوي و بعض أجزاء السيارات و الأقراص المدمجة و المركبات الفضائية .

س/ مم تتكون الدوائر المتكاملة؟

تحتوي الدوائر المتكاملة الآلاف من العناصر المعقدة التي تصنع بعملية واحدة إذ تصنع عناصرها على شريحة صغيرة منفردة من رقاقة من السيلكون و هذه العناصر تشمل الثنائيات البلورية و الترانزستور و المقاومات و المكثفات لتكون منظومات الكترونية تؤدي وظيفة معينة .

س/ علام تعتمد عملية تصنيع الدوائر المتكاملة؟

على ما يسمى بعملية تقنية الانتشار في المستوي الواحد حيث يتم تنفيذ جميع الخطوات العملية اللازمة لتصنيعها على سطح واحد لشريحة السيلكون.

س/ إن عملية تصنيع عناصر الدوائر المتكاملة تتم بشكل أساسي بإنتاج ثلاث طبقات رئيسة. عددها و اشرح كل واحدة منها.

1- الطبقة الأساسية : و هي عملية إنماء بلورة السيلكون الاسطوانية الشكل و من ثم تقطيعها الى رقاقات دائرية تسمى بطبقة الأساس و هذه الطبقة هي عبارة عن شبه موصل نوع P و تمثل الجسم الذي يرتكز عليه جميع أجزاء الدائرة المتكاملة.

2- الطبقة الفوقية نوع N : تصنع الطبقة الفوقية نوع N عن طريق وضع رقاقات السيلكون في فرن حراري خاص و بتسليط غاز (هو مزيج من ذرات السيلكون و ذرات مانحة خماسية التكافؤ على الرقاقات). يكون هذا المزيج طبقة رقيقة شبه موصلة نوع N تسمى الطبقة الفوقية.

3- الطبقة العازلة : بعد أن تنمى الطبقة الفوقية n على طبقة الأساس P توضع الرقاقات في فرن حراري خاص يحتوي غاز الأوكسجين و بخار الماء في درجة حرارة معينة فتتكون طبقة من ثنائي أوكسيد السيلكون SiO_2 و التي تمثل الطبقة العازلة.

س/ بماذا تتميز الدوائر المتكاملة عن الدوائر الكهربائية الاعتيادية (المنفصلة)؟

1- حجمها صغير. 2- استهلاكها للقدرة صغير جدا . 3- سريعة العمل. 4- خفيفة الوزن. 5- رخيصة الثمن.

تؤدي الكثير من الوظائف التي تؤديها الدوائر الكهربائية العادية التي تتألف من أجزاء منفصلة .

امثلة الفصل:

مثال 1 : في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة (القاعدة مؤرضة) اذا كان ربح القدرة G = 768 و تكبير الفولطية (ربح الفولطية) يساوي $A_V = 784$ و تيار الباعث $I_E = 3 \times 10^3 A$. جد تيار القاعدة I_B .

$$G = \alpha A_v \quad , \quad 768 = \alpha \times 784 \quad , \quad \alpha = \frac{768}{784} = 0.98$$

$$\alpha = \frac{I_c}{I_E} \quad , \quad 0.98 = \frac{I_c}{3 \times 10^3} \quad , \quad I_c = 3 \times 10^3 \times 0.98 = 2.94 \times 10^{-3} A$$

$$I_B = I_E - I_c = 3 \times 10^3 - 2.94 \times 10^{-3} = 0.06 A$$

أسئلة وزارية و أسئلة عامة

(الأسئلة الكلاميـــة)

س1/ علام يعتمد معدل توليد الأزواج (إلكترون فجوة) في شبه الموصل النقي؟

يعتمد على : 1- درجة الحرارة . 2- مادة شبه الموصل النقية. 3- نسبة الذرات المانحة المطعمة بها البلورة .

4- شدة الضوء الساقط على الملتقى.

س2/ بماذا تتميز حزم الطاقة في المواد الموصلة ؟

تتميز بانعدام ثغرة الطاقة المحظورة بين حزمة التكافؤ و حزمة التوصيل حيث تكون الالكترونات حرة الحركة.

س3/ ماذا يحصل للتيار المتناوب لو وضع في طرفه ثنائي بلوري pn .

إن الثنائي البلوري pn يعمل على تحويل التيار المتناوب الى تيار معدل بنصف موجة.

س4/ ما المقصود بمستوى فيرمي و ما المقصود بالزوج إلكترون فجوة؟

إن مستوى فيرمي هو مستوى افتراضي يقع بين حزمة التكافؤ و حزمة التوصيل يحدد إمكانية إشغال الالكترونات او عدم إشغالها لبقية مستويات الطاقة و هو أعلى مستوى طاقة مسموح بها يملا بالالكترونات عند درجة صفر كلفن.

إن الزوج إلكترون فجوة :إن الإلكترون حين ينتقل من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل يترك مكانه فراغ يسمى الفجوة فالإلكترون المنتقل و الفجوة التي خلفها نتيجة انتقاله يسمى إلكترون فجوة و هما حوامل للشحنات فالإلكترون حامل للشحنة السالبة و الفجوة حاملة للشحنة الموجبة.

س5/ ما نوع حاملات الشحنة التي تقوم بعملية التوصيل الكهربائي خلال الترانزستور pnp ؟ و ما علاقة تيار الباعث بتيار القاعدة؟

إن الفجوات هي حاملات الشحنة التي تقوم بعملية التوصيل الكهربائي خلال الترانزستور pnp أثناء حركتها من الباعث الجامع.

و إن تيار الجامع يكون دائما اقل من تيار الباعث بمقدار تيار القاعدة و ذلك بسبب حصول عملية إعادة الالتحام التي تحصل في منطقة القاعدة بين الفجوات و الالكترونات حيث أن :

$$I_C = I_E - I_B$$

س6/ علام يعتمد مقدار جهد الحاجز الكهربائي للثنائي البلوري pn ؟

1- نوع مادة شبه الموصل المستعملة. 2- نسبة الشوائب المطعمة بها(يزداد بزيادة الشوائب).

3- درجة حرارة المادة (يزداد بزيادة درجة الحرارة).

س7/ علل سبب تولد منطقة الاستنزاف في الثنائي البلوريpn؟

إن الالكترونات الحرة في المنطقة n القريبة من الملتقى pn تنتشر الى المنطقة p عبر الملتقى حيث تلتحم الالكترونات مع الفجوات القريبة من الملتقى و نتيجة لهذه العملية تنشا منطقة رقيقة على جانبي الملتقى تحتوي ايونات موجبة في المنطقة n و ايونات سالبة في المنطقة p و تكون خالية من حاملات الشحنة تسمى منطقة الاستنزاف(يتوقف انتشار الالكترونات عبر الملتقى عند حصول حالة الاتزان).

س8/ كيف تتولد الفجوات في شبه الموصل؟

تتولد نتيجة ترك الإلكترون مكانه في حزمة التكافؤ من ذرة شبه الموصل نتيجة التأثير الحراري او التأثير الضوئي او تتولد عندما يتم انتزاع إلكترون واحد من ذرة شبه الموصل عند تطعيمه بشوائب قابلة.

س9/ يحيز الثنائي البلوري pn المتحسس للضوء لاتجاه عكسي قبل سقوط الضوء عليه؟

لان الفوتون الذي يمتلك طاقة تزيد على 1.1 eV يتمكن من توليد زوج من (الإلكترون – فجوة) في السيلكون و الفوتون الذي يمتلك طاقة تزيد على 0.72eV يتمكن من توليد زوج إلكترون – فجوة في الجرمانيوم فيعمل هذا الثنائي على توليد قوة دافعة كهربائية بين طرفيه عند سقوط الضوء عليه و مقدارها في الثنائي المصنوع من السيلكون 0.5V و المصنوع من الجرمانيوم 0.1V.

س10/ ما الفرق بين الباعث و الجامع في الترانزستور من حيث طريقة الانحياز و نسبة الشوائب؟

من حيث طريقة الانحياز فان الباعث يحيز أماميا دائما ملتقى (الباعث-القاعدة) أما الجامع فانه يحيز عكسيا دائما ملتقى(الجامع-قاعدة)

و من حيث نسبة الشوائب فان منطقة الباعث تطعم بنسبة عالية من الشوائب أما منطقة الجامع فيكون نسبة التطعيم فيها متوسطة.

س11/ علام يعتمد مقدار التيار المنساب في دائرة الثنائي البلوري pn المتحسس للضوء؟

يعتمد على شدة الضوء الساقط على الملتقى.

س12/ علل عند درجة حرارة الصفر المطلق و في الظلمة تكون حزمة التوصيل في شبه الموصل النقي خالية من الالكترونات؟

عند درجة حرارة الصفر كلفن لا يتوفر تأثير حراري و في الظلمة لا يتوفر تأثير ضوئي حيث لا يتمكن الإلكترون من ترك مكانه في حزمة التكافؤ و العبور الى حزمة التوصيل لذا تكون حزمة التكافؤ مملوءة بالالكترونات و حزمة التوصيل خالية من الالكترونات الحرة .

س13/ المادة العازلة لا تمتلك قابلية توصيل كهربائية؟

و ذلك لان ثغرة الطاقة المحظورة في المادة العازلة واسعة نسبيا لذا فان الالكترونات في حزمة التكافؤ لا تتمكن من العبور الى حزمة التوصيل عندما تكون الطاقة المجهزة اقل من ثغرة الطاقة المحظورة.

س14/ ماذا يحصل عند تسليط مجال كهربائي كبير المقدار على المادة العازلة او عند تعرضها لتأثير حراري كبير؟

إن المجال الكهربائي و التأثير الحراري الكبيرين يؤديان الى انهيار المادة العازلة فيكون التيار صغير جدا يهمل.

س15/ ما الفائدة العملية من الثنائي البلوري؟

يعد الثنائي البلوري وسيلة تتحكم باتجاه التيار او تغيير او تحسين أشكال الإشارات الخارجة.

س16/ علل يسلك شبه الموصل النقي سلوك العازل عند درجات حرارية منخفضة جدا تقارب صفر كلفن؟

و ذلك لان : 1- حزمة التكافؤ مملوءة بالالكترونات . 2- حزمة التوصيل خالية من الالكترونات . 3- ثغرة الطاقة المحظورة ضيقة نسبيا.

س17/بعد تطعيم بلورة شبه الموصل مثل السيلكون بشوائب ثلاثية التكافؤ مثل البورون ، ما نوع البلورة التي نحصل عليها ؟ و هل إن شحنتها ستكون موجبة أم سالبة أم متعادلة كهربائيا . و لماذا؟

نحصل على بلورة شبه موصل نوع p و شحنة البلورة متعادلة كهربائيا لأنها تمتلك عدد من الشحنات السالبة مساويا الى عدد الشحنات الموجبة.

18/ اختر الجواب الصحيح من بين القوسين:

1- عند زيادة حاجز الجهد في الثنائي البلوري pn المحيز انحيازا أماميا فان مقدار التيار الأمامي في دائرته :

(يزداد ، يقل ، يبقى ثابتا ، يزداد و ينقص) الجواب / يقل

19- إذا كان الثنائي البلوري pn محيزا باتجاه أمامي فعند زيادة مقدار فولطية الانحياز فان مقدار التيار الأمامي:

(يزداد ، يقل ، يبقى ثابتا ، يزداد ثم ينقص) الجواب/ يزداد

س20/ علل ممانعة الملتقى (الجامع – القاعدة)في الترانزستور تكون عالية بينما ممانعة الملتقى (الباعث – قاعدة) واطئة.

بسبب الانحياز الأمامي لملتقى (الباعث- القاعدة) تضيق منطقة الاستنزاف و يقل حاجز الجهد عبر الباعث فتكون ممانعة ملتقى الباعث واطئة . و بسبب الانحياز العكسي لملتقى (الجامع – القاعدة) تتسع منطقة الاستنزاف و يزداد حاجز الجهد عبر الجامع فتكون ممانعة ملتقى الجامع عالية.

س21/ تتولد الأزواج إلكترون – فجوة في شبه الموصل النقي بوساطة:

(إعادة الالتحام ،التأين ، التطعيم ، التأثير الحراري) الجواب / التأثير الحراري

س22/ تتولد منطقة الاستنزاف في الثنائي pn بوساطة:

(إعادة الالتحام ، التناضح ، التأين ، جميع الاحتمالات السابقة)

جميع الاحتمالات السابقة

س23/ يسلك السيليكون سلوك العازل عندما يكون :

(نقيا ، في الظلمة ، بدرجة الصفر المطلق ، الأجوبة الثلاثة السابقة مجتمعة) الجواب / الأجوبة الثلاثة السابقة مجتمعة

س24/ يقع مستوى فيرمي في شبه الموصل نوع N في :

أسفل المستوى المانح .
منتصف المسافة بين قعر حزمة التوصيل و المستوى المانح.
منتصف ثغرة الطاقة.
منتصف المسافة بين قمة حزمة التكافؤ و المستوى المانح.

الجواب / b. منتصف المسافة بين قعر حزمة التوصيل و المستوى المانح.

س25/ ما الفرق بين الايون الموجب و الفجوة الموجبة؟

الايون الموجب	الفجوة الموجبة
يتكون من ذرة شائبة مانحة خماسية التكافؤ مثل الانتيمون فقدت إلكترونها الخامس.	هي موقع خالي من الالكترونات نشأ من انتزاع إلكترون واحد من ذرة السيلكون او الجرمانيوم نتيجة التأثير الحراري او اكتساب الطاقة.
يرتبط مع أربع ذرات سيلكون مجاورة لها. لذا فان الذرة الشائبة تصير ايونا موجبا.	تكون حرة الحركة
لا يعد من حاملات الشحنة لأنه لا يشارك في عملية لتوصيل الكهربائي لشبه الموصل المطعم لأنه يرتبط مع الهيكل البلوري ارتباطا وثيقا.	لها دور في التوصيل الكهربائي وهي الحاملات الرئيسة في المادة شبه الموصلة نوع p و ثانوية في المادة شبه الموصلة نوع N.

س26/ ما الفرق بين شبه الموصل نوع n و شبه الموصل نوع P من حيث :

نوع الشائبة المطعمة فيه و حاملات الشحنة الأغلبية و المستوى الذي تولده كل شائبة و موقعه.

من حيث	شبه موصل نوع N	شبه موصل نوع P
نوع الشائبة المطعمة فيه.	شوائب ذراتها خماسية التكافؤ مثل الانتيمون	شوائب ذراتها ثلاثية التكافؤ مثال البورون
حاملات الشحنة الأغلبية.	الالكترونات في حزمة التوصيل نتيجة التطعيم و التأثير الحراري	الفجوات الموجبة في حزمة التكافؤ نتيجة التطعيم و التأثير الحراري.
المستوى الذي تولده كل شائبة و موقعه	المستوى المانح يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة و تحت حزمة التوصيل مباشرة و المستوى المانح تشغله الالكترونات التي حررتها الذرات المانحة و نتيجة لذلك يرتفع مستوى فيرمي مقتربا من حزمة التوصيل	المستوى القابل يقع ضمن مستوى الطاقة الطاقة المحظورة و فوق حزمة التكافؤ مباشرة لذا ينخفض مستوى فيرمي مقتربا من حزمة التكافؤ.

مسائل الكتاب

س9/ في دائرة الترانزستور ذي الباعث المشترك إذا كان تيار الباعث $I_E = 0.4\ mA$ و تيار القاعدة $I_B = 40\ \mu A$ و مقاومة الدخول $R_{in} = 100\Omega$ و مقاومة الخروج $R_{out} = 50\ k\Omega$. احسب :

1- ربح التيار ، 2- ربح الفولطية ، 3- ربح القدرة

1-

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = I_E - I_B = 0.4 \times 10^{-3} - 40 \times 10^{-6} = 0.36 \times 10^{-3}\ A$$

$$\alpha = \frac{I_c}{I_B} = \frac{0.36 \times 10^{-3}}{40 \times 10^{-6}} = 9$$

$(40 \times 10^{-6} = 0.04 \times 10^{-3})$

2-

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{I_C \times R_{out}}{I_B \times R_{in}} = \frac{0.36 \times 10^{-3} \times 50000}{0.04 \times 10^{-3} \times 100} = 4500$$

3-

$$G = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{I_C \times V_{out}}{I_B \times V_{in}} = \frac{0.36 \times 10^{-3} \times 0.36 \times 10^{-3} \times 50000}{0.04 \times 10^{-3} \times 0.04 \times 10^{-3} \times 100} = 9 \times 40500 = 40500$$

س10/ في دائرة الترانزستور ذي الباعث المشترك احسب ربح التيار α و تيار الباعث I_E إذا كان تيار القاعدة يساوي $I_{B=50\mu A}$ و تيار الجامع $I_{C=3.6\ mA}$.

$$\alpha = \frac{I_c}{I_B} = \frac{3.65\ mA}{50\mu A} = \frac{3.65 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-6}} = 73$$

$$I_E = I_C + I_B = 3.65 \times 10^{-3} + 50 \times 10^{-6} = 3.7 \times 10^{-3} A$$

تيار القاعدة يتحكم في السيطرة على تيار الجامع

الفصل السابع : الأطياف الذرية و الليزر

- وضع العالم ثومسون نموذجا يصف فيه أن الذرة عبارة عن كرة مصمتة متناهية في الصغر موجبة الشحنة يتوزع بداخلها عدد من الالكترونات السالبة بحيث تكون الذرة متعادلة كهربائيا .
- افترض رذرفورد أن الذرة تتكون من نواة موجبة متمركزة في وسط الذرة تدور حولها الالكترونات.

س/ لماذا فشل نموذج رذرفورد للذرة ؟

1. عندما يدور الإلكترون في الذرة حول النواة يغير اتجاهه باستمرار لذا فهو جسيم معجل و تبعا للنظرية الكهرومغناطيسية الكلاسيكية فان أي شحنة متحركة بتعجيل تبعث إشعاعا كهرومغناطيسيا لذلك يجب أن يفقد الإلكترون الدائر حول النواة جزءا من طاقته أثناء الدوران أي انه يخسر طاقة باستمرار ما دام مستمرا بالحركة و من ثم يجب أن ينتهي بحركة حلزونية مقتربا من النواة في زمن قصير ثم تنهار البنية الذرية.
2. عندما تتناقص طاقة الإلكترون تدريجيا يتولد طيف مستمر بينما أثبتت التجارب أن طيف ذرة الهيدروجين هو طيف خطيوزاري.

ما هو سبب عدم انهيار الذرة؟

س/ ما هي فرضيات نموذج بور للذرة؟

1. تدور الالكترونات سالبة الشحنة حول النواة بمدارات محددة المواقع تمثل مستويات الطاقة دون أن تشع طاقة و يمتلك الإلكترون اقل طاقة عندما يكون في اقرب مستوى من النواة و عندها تكون الذرة مستقرة و إن بقاء الالكترون في ذلك المستوي يستوجب امتلاكه طاقة و زخم مناسبين لذلك المستوي.
2. الذرة متعادلة كهربائيا أي أن شحنة الإلكترون السالبة تساوي شحنة النواة الموجبة.
3. إن الذرة لا تشع طاقة بسبب حركة الإلكترون في مداره المحدد و تكون الذرة مستقرة.
4. عندما يكتسب الإلكترون كما من الطاقة فانه يقفز من مستوى استقراره إذ تكون طاقته فيه E_i الى مستوى طاقة أعلى E_f عندها تكون الذرة متهيجة ثم تعود الذرة الى حال استقرارها و ذلك بعودة الإلكترون الى مستوى استقراره باعثا فوتونا تردده f يعطى بالعلاقة الآتية :

$$hf = E_f - E_i$$

5. في مجال الذرة يمكن تطبيق قانون كولوم على الشحنات الكهربائية و القانون الثاني لنيوتن على القوى لميكانيكية .
6. يمتلك الإلكترون زخما زاويا L=mvr في مداره المحدد يساوي أعداد صحيحة من h/2π أي ان :

$$L_n = n\left(\frac{h}{2\pi}\right)$$

$$mv_r r_n = n\left(\frac{h}{2\pi}\right) \quad , n= 1,2,3,4...... \quad \frac{h}{2\pi} = 1.05 \times 10^{-34}\ J.sec$$

ملاحظات حول نموذج بور و حسب العلاقة :

$$hf = E_f - E_i$$

- ينتقل إلكترون الذرة من مستوى واطئ للطاقة يسمى بالمستوى الأرضي او مستوى الاستقرار الى مستوى أعلى للطاقة يسمى مستوى التهيج حيث يتم ذلك بامتصاصه فوتونا طاقته hf مقدارها يساوي فرق الطاقة بين المستويين $E_f - E_i$ وعند ذلك تصبح الذرة متهيجة.
- إن إلكترون الذرة سرعان ما يعود من المستوى الأعلى للطاقة (مستوى التهيج) الى مستواه الأصلي (مستوى الاستقرار) فيبعث فوتونا طاقته hf مقدارها يساوي فرق الطاقة بين المستويين $E_f - E_i$ و تعود الذرة الى وضع الاستقرار .

طيف ذرة الهيدروجين

- درس العالم بور طيف ذرة الهيدروجين الاعتيادي لأنها ابسط ذرة إذ تحتوي إلكترونا واحدا فقط .
- عند إثارة ذرة الهيدروجين ينتقل إلكترونها من المستوى الواطئ الى مستوى أعلى للطاقة و لا يبقى في مستوى الطاقة الأعلى إلا لمدة زمنية قليلة نحو (10^{-8}s) ثم يهبط الإلكترون الى مستوى الطاقة الواطئ.
- إن اوطا مستوى للطاقة للذرة E_1 يسمى المستوى الأرضي للذرة في حين تسمى المستويات العليا بالمستويات المتهيجة (E_2 ، E_3 ، E_4) .
- إن جميع طاقة هذه المستويات سالبة لذلك لا يمتلك الإلكترون طاقة كافية تجعله يهرب من الذرة.
- طيف ذرة الهيدروجين هو طيف خطي وزاري.

س/ اذكر سلاسل طيف ذرة الهيدروجين وزاري.

1. سلسلة لإيمان : تنتج عند انتقال إلكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى المستوى الأول للطاقة $n=1,E_1$ و مدى ترددداتها تقع في المنطقة فوق البنفسجية و هي سلسلة غير مرئية.
2. سلسلة بالمر : و تنتج عند انتقال ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى مستوى الطاقة الثاني $n=2 , E_2$. و مدى تردداتها تقع في المنطقة المرئية و تمتد حتى المنطقة فوق البنفسجية.
3. سلسلة باشن : و تنتج عند انتقال إلكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى مستوى الطاقة الثالث $n=3,E_3$ و مدى تردداتها تقع في المنطقة تحت الحمراء و هي سلسلة غير مرئية.
4. سلسلة براكت : و تنتج من انتقال إلكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة إلى مستوى الطاقة الرابع $n=4,E_4$.و مدى تردداتها تقع في المنطقة تحت الحمراء و هي سلسلة غير مرئية.
5. سلسلة فوند : و تنتج عند انتقال إلكترون ذرة الهيدروجين من مستويات الطاقة العليا الى مستوى الطاقة الخامس $n=5,E_5$. و مدى تردداتها تقع في المنطقة التحت الحمراء و هي سلسلة غير مرئية.

س/ ما هي أهم المصادر الضوئية المستعملة في دراسة الأطياف وزاري **؟**

مصادر حرارية و هي المصادر التي تشع ضوءا نتيجة ارتفاع درجـــــــة حرارتها مثل الشمس و مصباح التنكستن و الأقواس الكهربائية.
مصادر تعتمد على التفريغ الكهربائي خلال الغازات مثل أنابيب التفريغ الكهربائي عند ضغط منخفض.

س/ ماذا يقصد بالطيف؟

هو سلسلة من الترددات الضوئية الناتجة من تحليل حزمة الضوء الأبيض بوساطة الموشور.

نشاطا يبين أنواع الأطياف في الأسئلة نهاية الفصل في الملزمة وزاري شرح النشاط.

نستنتج من النشاط إن الطيف الناتج من تحليل الإشعاعات المنبعثة من الغازات يختلف باختلاف نوع الغاز . و هناك صنفين من الأطياف:

أطياف الانبعاث.
أطياف الامتصاص.

س/ ما المقصود بأطياف الانبعاث و ما أنواعهاوزاري**؟**

أطياف الانبعاث هي أطياف المواد المتوهجة. و تقسم الى ثلاثة أنواع هي :

1. **الطيف المستمر** و نحصل عليه من الأجسام الصلبة المتوهجة و السائلة المتوهجة او الغازات المتوهجة عند ضغط عالي جدا. و يتكون من مدى واسع من الأطوال الموجية الواقعة ضمن المدى المرئي المتصلة مع بعضها مثل الطيف المنبعث من خويط التنكستن لمصباح كهربائي متوهج الى درجة البياض.
2. **الطيف الخطي** و نحصل عليه من توهج الغازات و الأبخرة عند الضغط الاعتيادي او الواطئ. و هو طيف يحتوي مجموعة من الخطوط الملونة البراقة و التي تكون أرضيتها سوداء و إن كل خط منه يمثل طولا موجيا معينا و إن الطيف الخطي هو صفة مميزة و أساسية للذرات.
3. **الطيف ألحزمي البراق** هو طيف يحتوي حزمة او عددا من الحزم الملونة على أرضية سوداء و تتكون كل حزمة من عدد كبير من الخطوط المتقاربة و هو صفة مميزة للمواد جزيئية التركيب و يمكن الحصول عليه من مواد متوهجة جزيئية التركيب كغاز ثنائي أوكسيد الكاربون في أنبوبة تفريغ تحتوي أملاح الباريوم او أملاح الكالسيوم المتوهجة بوساطة قوس كاربوني .

س/ ما المقصود بطيف الامتصاص . و ما أنواعهوزاري**؟**

طيف الامتصاص هو طيف مستمر تتخلله خطوط او حزم معتمة و يمكن الحصول عليه عندما يمر الضوء المنبعث من مصدر طيفه مستمر خلال بخار غير متوهج او مادة نفاذه يمتص من الطيف المستمر الأطوال الموجية التي يبعثها فيما لو كان متوهجا.

و أنواعه هي : 1- طيف امتصاص مستمر. 2- طيف امتصاص خطي.

س/ ما هي خطوط فرانهوفر ؟ و كيف تنتج وزاري**؟**

هي خطوط سوداء تظهر في الطيف الشمسي المستمر اكتشفها العالم فرانهوفر و عددها 600 خط تنتج من الجو الغازي المحيط بالشمس الذي يمتص قسم من الطيف المستمر لها حيث يمتص الأطوال الموجية التي يبعثها فيما لو كان متوهجا. لذا فان الطيف الشمسي هو طيف امتصاص خطي بسبب احتواءه على خطوط فرانهوفر.

س/ ما سبب ظهور خطوط سوداء(خطوط فرانهوفر) في طيف الشمس وزاري؟

إن سبب ظهورها يعود الى أن الغازات حول الشمس و في جو الأرض الأقل توهجا من غازات باطن الشمس تمتص من الطيف المستمر للشمس الأطوال الموجية التي تبعثها هذه الغازات فيما لو كانت متوهجة و يسمى بطيف الامتصاص الخطي لضوء الشمس و من هذه الخطوط أمكن معرفة الغازات التي تمتص هذا الضوء.

الأشعة السينية X – ray

س/ ما المقصود بالأشعة السينية مهمة ؟ و كيف اكتشفت من قبل العالم رونتجن ؟

هي موجات كهرومغناطيسية غير مرئية أطوالها الموجية قصيرة جدا نحو 10)nm – 0.1) لا تتأثر بالمجـــــالات الكهربائية و المغناطيسية لأنها ليست دقائق مشحونة. و تردداتها تفوق ترددات الأشعة فوق البنفسجية.

و اكتشفها العالم رونتجن عندما كان يدرس كهربائية الغازات و التوصيل الكهربائي للالكترونات داخل أنابيب مفرغة جزئيا من الهواء.

س/ كيف يمكن الحصول على الأشعة السينية؟

س/بماذا يتميز الأنود في أنبوبة توليد الأشعة السينية[1,2,3]؟ س/علل يصنع الهدف الفلزي في أنبوبة الأشعة السينية من التنكستن و الموليبديوم وزاري؟

و ذلك باستعمال أنبوبة زجاجية مفرغة من الهواء. تحتوي على قطبين احدهما سالب (كاثود) و هو فتيل تنبعث منه الالكترونات عند تسخينه و الآخر قطب موجب (أنود) و هو هدف فلزي عادة[(1)] يميل بزاوية معينة مع اتجاه حركة الالكترونات المعجلة و نتيجة لتصادم هذه الالكترونات تتولد حرارة عالية لذا [(2)]يصنع الهدف من مادة درجة انصهارها عالية جدا مثل التنكستن و المولبدينيوم كما يختار[(3)] الهدف من مادة ذات عدد ذري كبير و ذلك لزيادة كفاءة الأشعة السينية و تستعمل وسائل تبريد خاصة لتبريد الهدف نتيجة تولد الحرارة العالية.

س/ لماذا تعد الأشعة السينية ظاهرة الكهروضوئية عكسية مهمة؟

لان الأشعة السينية تتولد نتيجة لتحول طاقة الالكترونات المعجلة المنبعثة من الكاثود و الساقطة على الهدف الى فوتونات الأشعة السينية.

إن شدة الأشعة السينية تعتمد على عدد الفوتونات المنبعثة عند طول موجي معين حيث كلما زاد عدد الفوتونات زادت شدة الأشعة السينية (التناسب طردي بينهما)وزاري.

س/ اذكر نوعا طيف الأشعة السينية ؟

1. **الأشعة السينية ذات الطيف الخطي الحاد :** و تسمى أحيانا (الأشعة السينية المميزة) عند سقوط الالكترونات المعجلة على ذرات مادة الهدف فان هذه الالكترونات تنتزع احد الالكترونات من احد المستويات الداخلية للهدف و يغادر الذرة نهائيا فتحصل حالة التأين او قد يرتفع الى مدار أكثر طاقة و تحصل حالة التهيج و في كلا الحالين تصبح الذرة قلقة (متهيجة) فتحاول العودة الى وضع الاستقرار و عندما يهبط احد الالكترونات من المستويات العليا (ذو الطاقة العالية) الى مستوى الطاقة الذي انتزع منه الالكترون يبعث طاقة بشكل فوتون للأشعة السينية طاقته تساوي فرق الطاقة بين المستووين E_1, E_2 و هو صفة مميزة لذرات مادة الهدف.

$$hf = E_f - E_i$$

2. **الأشعة السينية ذات الطيف المستمر :** ينتج هذا الطيف عن اصطدام الالكترونات المعجلة مع ذرات مادة الهدف مما يؤدي الى تباطؤ حركتها بمعدل كبير بتأثير المجال الكهربائي لنوى مادة الهدف و نتيجة لهذا التباطؤ فان الالكترونات تفقد جميع طاقتها و تظهر بشكل فوتونات الأشعة السينية بترددات مختلفة.

- إن أعظم تردد لفوتون الأشعة السينية يتوقف على فرق الجهد (V) المسلط على طرفي أنبوب الأشعة السينية و الذي يعجل الالكترون فيكسبه طاقة حركية عظمى KE_{max} وفق العلاقة:

$$KE_{max} = eV \quad , \quad KE_{max} = \frac{1}{2} m_e v^2_{max}$$

- بسبب اصطدام الالكترون المعجل بالهدف الفلزي تتحول الطاقة الحركية الى طاقة إشعاعية لفوتون الأشعة السينية (كم الأشعة السينية) حيث :

$$KE_{max} = eV = hf_{max}$$

- من العلاقة السابقة نحصل على أعظم مقدار لتردد فوتون الأشعة السينية او اقصر طول موجي حيث يتوقف على فرق الجهد الكهربائي V المسلط على طرفي أنبوبة الأشعة السينية حيث يعجل الالكترون فيكتسب طاقة حركية عظمى KE_{max} فنحصل على أعظم تردد لفوتون الأشعة السينية او اقصر طول موجي من المعادلة :

$$f_{max} = \frac{eV}{h}$$ وزاري لحساب أعظم تردد لفوتون الأشعة السينية

$$\because f_{max} = \frac{c}{\lambda_{min}}$$

$$\frac{c}{\lambda_{min}} = \frac{eV}{h} \quad , \quad \therefore \lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$$ لحساب اقصر طول موجي

س/ اذكر أهم تطبيقات الأشعة السينية ؟

-1 **المجال الطبي :** تستعمل في التصوير الإشعاعي للجسم حيث تظهر العظام بشكل فاتح و الأنسجة تظهر بشكل أغمق و الكشف عن تسوس الأسنان و كسور العظام و تحديد مواقع الأجسام الصلبة مثل الشظايا او الرصاص والكشف عن الأورام في الجسم كما تستثمر في تعقيم المعدات الطبية مثل القفازات الجراحية اللدنة او المطاطية او المحقنات لان هذه المعدات تتلف عند تعرضها للحرارة الشديدة فلا يمكن تعقيمها بالغليان.

-2 **المجال الصناعي :** للكشف عن الهنات و الشقوق في القوالب المعدنية و الأخشاب المستعملة في صناعة الزوارق . كما ساعدت دراسة طيف امتصاص هذه الأشعة في المادة على جعل الأشعة السينية من إحدى الطرائق للكشف عن العناصر الداخلة في تركيب المواد المختلفة و تحليلها . و تستثمر في دراسة خصائص الجوامد و التركيب البلوري.

3- **المجال الأمني** : لمراقبة حقائب المسافرين في المطارات . تستثمر وزاري للتعرف على أساليب الرسامين و التمييز بين اللوحات الحقيقة و اللوحات المزيفة و ذلك لان الألوان المستعملة في اللوحات القديمة تحتوي على كثير من المركبات المعدنية التي تمتص الأشعة السينية وأما الألوان المستعملة في اللوحات الحديثة فهي مركبات عضوية تمتص الأشعة السينية بنسبة اقل.

تأثير كومبتن

س/ ما الذي توصل إليه العالم كومبتن (او ماذا يحصل لفوتون الاشعة السينية) عند سقوط حزمة من الأشعة السينية (فوتونات) ذات طول موجي معلوم λ على هدف من الكرافيت النقي وزاري؟

لقد توصل كومبتن الى وزاري **:**

- الأشعة تستطار بزوايا مختلفة.
- الأشعة المستطارة ذات طول موجي λ'' أطول بقليل من الطول الموجي λ لحزمة الأشعة الساقطة .
- التغير في الطول الموجي $(\lambda'' - \lambda)$ يزداد بزيادة زاوية الاستطارة θ .
- انبعاث إلكترون من الجانب الآخر للهدف.

لقد فسر كومبتن ما توصل إليه بان الفوتون الساقط على هدف من الكرافيت يتصادم مع إلكترون حر من الكترونات ذرات مادة الهدف فاقدا مقدار من طاقته و يكتسب هذا الالكترون بعد التصادم مقدارا من الطاقة بشكل طاقـة حركية تمكنه من الإفلات من مـــــــــادة الهدف (أي أن الفوتون يسلك سلوك جسيمات).

افترض كومبتن إن التصادم بين الفوتون و الالكترون الحر هو من النوع المرن إذ يخضع لقانون حفظ الزخم و حفظ

و طبقا لتأثير كومبتن فان : مقدار الزيادة في الطول الموجي لفوتونات الأشعة السينية المستطارة بوساطة الالكترونات الحرة لذرة الهدف مقارنة بالطول الموجي للفوتونات الساقطة يعتمد على زاوية الاستطارة θ فقط وفق العلاقة:

$$\lambda'' - \lambda = \frac{h}{m_e C}(1-\cos\theta) \quad , \quad \Delta\lambda = \lambda'' - \lambda$$

حيث أن :

λ'' : طول موجة الفوتون المستطار .

λ : طول موجة الفوتون الساقط و هو اقصر طول موجي لفوتون الأشعة السينية و حسب العلاقة :

$$\lambda = \lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$$

$\frac{h}{m_e C}$: تمثل طول موجة كومبتن و تساوي $(0.24 \times 10^{-11} m)$

- ❖ نلاحظ من علاقة كومبتن إن مقدار التغير في الطول الموجي لفوتونات الأشعة السينية يزداد كلما زادت زاوية الاستطارة (تناسب طردي). حيث أن زاوية الاستطارة هي المتغير الوحيد في العلاقة.
- ❖ عند ارتداد فوتون الأشعة السينية الساقط على هدف من الكرافيت النقي باتجاه معاكس الى سقوطه فان زاوية الاستطارة $\theta = 180^o$. حيث نحصل على اعظم مقدار للتغير في الطول الموجي عندما تكون الزاوية 180^o.

س/ مالذي يحدث لطاقة و زخم الفوتون المستطار للأشعة السينية بوساطة إلكترون حر لذرة الهدف؟

بعد إن يصطدم الالكترون الساقط بذرة الهدف فانه يعطي جزءا من طاقته الى إلكترون حر من الكترونات ذرة الهدف فتقل طاقة الفوتون المستطار فيقل تردده وفق العلاقة $E = hf$ و يزداد طوله الموجي وفق العلاقة $E = \frac{hc}{\lambda}$

حيث يقل زخم الفوتون المستطار وفق العلاقة $P= \frac{h}{\lambda}$.

الليزر و الميزر

س/1 اذكر بعض المنتجات التكنولوجية التي دخلت فيها أشعة الليزر كعنصر أساسي ؟

- ❖ أجهزة تشغيل الأقراص المدمجة.
- ❖ صناعة الالكترونيات .
- ❖ قياس المسافات بدقة و خاصة أبعاد الأجسام الفضائية .
- ❖ في الاتصالات .
- ❖ في آلات طبيب الأسنان .
- ❖ في معدات قطع و لحام المعادن .

س/ ماذا تعني كلمة الليزر ؟ و ما أساس عمله؟

تعني تضخيم الضوء بالانبعاث المحفز للإشعاع . و أساس عمله هو تضخيم الضوء بالانبعاث المحفز للإشعاع .

س / ماذا تعني كلمة الميزر ؟

تعني تضخيم الموجات الدقيقة بوساطة الانبعاث المحفز للإشعاع .

س/ اذكر خصائص أشعة الليزر ؟

يمتاز شعاع الليزر بالمميزات الآتية:

س/ لماذا تتميز أشعة الليزر بأنها أحادية اللون ؟

1- أحادي الطول الموجي (أحادي اللون) أي أن له طولا موجيا واحدا . فشعاع الليزر يتميز، بالنقاء الطيفي بدرجة تفوق أي مصدر آخر فأشعة الضوء المنبعثة من المصادر الضوئية العادية تحتوي على مدى واسع من الأطوال الموجية.

2- التشاكه :حيث تكون موجات حزمة أشعة الليزر بالطور نفسه و الاتجاه نفسه و الطاقة و بهذا يمكن أن تتداخل موجتان فيما بينها تداخلا بناءا.

3- الاتجاهية وزاري :حيث تجعل هذه الصفة موجات حزمة الليزر متوازية مع بعضها لمسافات بعيدة بانفراجية قليلة و هذا يعني أن حزمة الليزر تحتفظ بشدتها نسبيا.

س/ لماذا تتميز أشعة الليزر بشدة سطوع عالية جدا؟

4 - السطوع : إن هذه الصفة تجعل طاقة موجات أشعة الليزر تتركز في مساحة صغيرة و ذلك لقلة انفراجيتها مما يجعل شعاع الليزر ذا شدة سطوع عالية جدا .

آلية عمل الليزر

س / ما هي أسس عمل الليزر وزاري؟

نفترض نظاما ذريا ذا مستويين للطاقة يوضح ثلاثة أنواع من الانتقالات الالكترونية و هي :

1- الامتصاص المحتث : هو انتقال الذرة من مستوى طاقة واطئ E_1 الى مستوى طاقة متهيج E_2 و ذلك بامتصاص فوتون طاقته تساوي فرق الطاقة بين المستويين أي أن : $E_2 - E_1 = hf$

2- الانبعاث التلقائي : عندما تصير الذرة في مستوى الطاقة الأعلى (مستوى التهيج) تميل دائما الى حالة الاستقرار بعد مدة زمنية قصيرة(المعدل الزمني لمستوى التهيج) الى المستوى الأرضي و هذا يصاحبه انبعاث فوتون طاقته تساوي فرق الطاقة بين المستويين و هذا هو الانتقال بالانبعاث التلقائي :

$$E_2 - E_1 = hf$$

و تكون الفوتونات المنبعثة تلقائيا مختلفة من حيث الطور و الاتجاه.

س1/ وضح كيف يحدث الانبعاث المحفز عند حدوث الفعل الليزري وزاري؟

3- الانبعاث المحفز : عندما يؤثر فوتون في ذرة متهيجة و هي في مستوى الطاقة E_2 طاقته مساوية تماما الى فرق الطاقة بين المستويين فانه يحفز الالكترون غير المستقر على النزول الى المستوى E_1 و انبعاث فوتون مماثل للفوتون المحفز بالطاقة و التردد و الطور و الاتجاه أي الحصول على فوتونين متشاكهين.

- لا يمكن الحصول على الليزر دون حدوث الانبعاث التلقائي .
- في الانبعاث المحفز يجب إن يكون عدد الذرات المتهيجة في المستويات العليا المتهيج اكبر مما هو عليه في المستويات الواطئة .

يمكن حساب تردد فوتون الانبعاث المحفز او الانبعاث التلقائي من العلاقة :

$$f = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

توزيع بولتزمان و التوزيع المعكوس

لو كان لدينا نظام يتكون من جزيئات او ذرات او ايونات في حـــال اتزان حراري تكون معظم الذرات في المستويات الواطئة للطاقة و نسبة قليلة من الذرات تكون متهيجة في المستويات العليا للطاقة.

و هذا يعني أن عدد الذرات في المستوى الأرضي (N_1) أكثر من عدد الذرات في المستوى الأعلى للطاقة (N_2) .
حيث يمكن تعريف **توزيع بولتزمان** وزاري مع العلاقة :على أن معظم الذرات او الجزيئات او الايونات لنظام ذري في حـــالة اتزان حراري تكون في المستويات الواطئة و عدد قليل منها تكون في المستويات المتهيجة العليا للطاقة .($N_1 > N_2$) .

و قد وضع بولتزمان العلاقة الآتية :

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left[\frac{-(E_2 - E_1)}{kT}\right]$$

إذ أن : k : ثابت بولتزمان

T: درجة الحرارة بالكلفن

N_2: عدد الذرات في المستوى الأعلى للطاقة ، N_1: عدد الذرات في المستوى الأرضي للطاقة

E_2: مستوى عالي للطاقة

E_1: مستوى واطئ للطاقة

kT: الطاقة الحراية بالجول

E_2-E_1 : فرق الطاقة بين المستويين و التي تساوي طاقة الفوتون hf

يتساوى فرق الطاقة بين المستويين ($E_2 - E_1$) و الطاقة الحرارية (KT) عندما يكون النظام متزن حراريا حيث :

فتصبح المعادلة كالآتي : $E_2 - E_1 = KT$, $T = C^o + 273$ (J)

(عندما يكون النظام متزن حراريا (درجة حرارة الغرفة) $\exp(-1) = 0.37$, $\frac{N_2}{N_1} = \exp[-1]$

$$N_2 = 0.37\, N_1$$

التوزيع المعكوس

- التوزيع المعكوس وزاري هو عكس توزيع بولتزمان حيث لا يكون النظام متزن حراريا فيكون عدد الذرات المتهيجة في المستوى الأعلى للطاقة أكثر من عدد الذرات بالمستوى الواطئ للطاقة .
- إن التوزيع المعكوس يزيد من احتمالية الانبعاث المحفز و هذه العملية هي أساس توزيع الليزر و تحصل عندما تكون هناك شدة ضخ كافية و يتحقق ذلك بوجود مستوى طاقة ذي عمر زمني أطول نسبيا و يسمى هذا المستوى بالمستوى شبه المستقر مهم .

تذكر

- لغرض توليد الليزر يجب أن يكون عدد الذرات في مستويات التهيج اكبر مما هي عليه في مستويات الطاقة الواطئة و تسمى هذه العملية بالتوزيع المعكوس.
- لا يمكن الحصول على الانبعاث المحفز من غير حصول الانبعاث التلقائي أولا.
- إن الفوتونات التي نحصل عليها من الانبعاث التلقائي و التي تسير بموازاة المحور البصري ضمن الوسط الفعال هي التي تحفز الذرات المتهيجة و تحثها على الانبعاث المحفز (توليد الليزر).

مكونات جهاز الليزر

س/ ما هي المكونات الرئيسية التي يشترط وجودها في أجهزة الليزر وزاري؟

1- الوسط الفعال .   2- المرنان.   3. تقنية الضخ.

1- **الوسط الفعال** : هو ذرات او جزيئات او ايونات المادة بحالتها الغازية او السائلة او الصلبة و التي يمكن أن يحصل فيها التوزيع المعكوس عندما يجهز الوسط الفعال بالشدة الكافية.

2- **المرنان** : هو تجويف ذو تصميم مناسب يتكون من مرآتين توضع المادة الفعالة بينهما و تصمم المرآتان بحيث تكون متقابلتين إحداهما عاكسة كليا للضوء تقريبا و الثانية عاكسة جزئيا للضوء حيث تعتمد قيمة انعكاسيتها على الطول الموجي لضوء الليزر المتولد.

س/ ما الفائدة العملية من المرآة ذات الانعكاس الجزئي في المرنان مهم؟

تسمح بنفاذ نسبة معينة من الضوء الساقط عليها خارج المرنان و كذلك فإنها تعكس بقية الضوء الساقط عليها مرة أخرى داخل المرنان لإدامة عملية التضخيم.

س/ ما الفائدة العملية من وجود المرآتان داخل المرنان وزاري؟

لكي تتعاقب انعكاسات الأشعة داخل المرنان حيث في كل انعكاس تحصل عملية الانبعاث المحفز فيزداد بذلك عدد الفوتونات المتولدة بالانبعاث المحفز بعدد هائل فيحصل التضخيم.

3- **تقنية الضخ** : هي تقنية يمكن بوساطتها تزويد ذرات الوسط الفعال بالطاقة اللازمة لإثارتها و نقلها من مستوى الاستقرار الى مستوى التهيج لكي يتحقق التوزيع المعكوس الذي يضمن توليد الليزر.

س/ اذكر أنواع تقنية الضخ مهم؟

1- الضخ الضوئي. 2- الضخ الكهربائي. 3- الضخ الكيميائي.

س/ هناك طريقتين تستعمل في تقنية الضخ الضوئي. اذكرهما؟

س/ الغرض من تقنية الضخ في الليزر؟

1- **تقنية الضخ الضوئي** : يستعمل هذا النوع للحصول على ليزرات تعمل ضمن المنطقة المرئية او تحت الحمراء القريبة من الطيف الكهرومغناطيسي كليزر الياقوت و ليزر النيدميوم إذ[1] تستعمل مصابيح وميضية او مستمرة الإضاءة شدة استضاءتها عالية لإثارة الوسط الفعال حيث تصنع جدران المصابيح الومضية من الكوارتز و تملا بغازات مختلفة تبعا للوسط الفعال و تكون بإشكال مستقيمة او حلزونية. كما توجد[2] تقنية أخرى للضخ الضوئي تستعمل فيها شعاع ليزر معين ليقوم هذا الشعاع بإثارة الوسط الفعال[2ج] لتحقيق التوزيع المعكوس و الحصول على ليزر ذي طول موجي يختلف عن الطول الموجي لشعاع الليزر الضاخ.

2- **الضخ الكهربائي** : تستعمل هذه التقنية عن طريق التفريغ الكهربائي وزاري للغاز الموضوع داخل أنبوبة التفريغ الكهربائي إذ يطبق بين قطبيها فرق جهد عال حيث تصطدم الالكترونات المعجلة مع ذرات او جزيئات الغاز فتسبب تهيجها و انتقالها الى مستويات طاقة أعلى . وتستعمل هذه الطريقة غالبا في الليزرات الغازية كما يمكن استعمال تقنية الضخ الكهربائي في إنتاج ليزر شبه الموصل.

س/ علل إن تقنية الضخ الكيميائي لا تحتاج الى مصدر خارجي للقدرة.

3- **الضخ الكيميائي** : في هذه التقنية يكون التفاعل الكيميائي بين مكونات الوسط الفعال أساس توفير الطاقة اللازمة لتوليد الليزر إذ لا تحتاج الى مصدر خارجي للقدرة.

منظومات مستويات الليزر

يمكن تصنيف منظومة الليزر تبعا لمستويات الطاقة التي تشترك لإتمام عملية التوزيع المعكوس للوسط الفعال الى منظومتين :

1- المنظومة ثلاثية المستوى. 2- المنظومة رباعية المستوى.

منظومة ثلاثية المستوى

- تشترك في هذه المنظومة ثلاثة مستويات للطاقة. و هـــي مستوى الطاقـــة الأرضي E_1 و مستوى الطاقة الوسطي E_2 (شبه المستقر) و مستوى طاقة التهيج E_3 .
- عندما تكون معظم الذرات او الجزيئات موجودة في المستوى الأرضي (مستوى الاستقرار)للطاقة E_1 و هذا يعني إن الوسط الفعال في حالة استقرار.
- عند تهيج الوسط الفعال بوساطة إحدى طرائق الضخ المناسبة فان هذه الذرات او الجزيئات سوف تنتقل الى مستوى التهيج الثالث E_3 و الذي يكون زمن عمره قصير بحدود $10^{-8}s$ و لضمان توليد الليزر ينبغي أن تكون طاقة الضخ كافية لتحقيق التوزيع المعكوس.
- سرعان ما تهبط هذه الذرات تلقائيا و بشكل سريع (لان الزمن قصير جدا) من المستوى E_3 الى المستوى شبه المستقر بانبعاث حراري و الذي زمن العمر له أطول بحدود $18^{-6}s$ فيؤدي الى تجمع عدد من الذرات او الجزيئات في المستوي الوسطي E_2 شبه المستقر أكثر من المستوى الأرضي E_1 فيتحقق التوزيع المعكوس بين هذين المستويين فيحدث الانبعاث المحفز لأشعة الليزر .
- تتطلب هذه الأنظمة طاقة ضخ عالية ليصبح عدد الذرات في مستوى التهيج أكثر من المستوى الأرضي للحصول على التوزيع المعكوس وزاري.

$$hf = E_2 - E_1$$

منظومة رباعية المستوى

- تشترك في هذه المنظومة أربعة مستويات للطاقة (E_1,E_2,E_3,E_4) .
- يقوم الضخ بتهيج الذرات من المستوى الأول E_1 الى مستوى التهيج الرابع E_4 .
- تهبط الذرات سريعا الى المستوى شبه المستقر E_3 و تتجمع فيه الذرات وهومستوى الطاقة شبه المستقر في هذه المنظومة.
- يتحقق التوزيع المعكوس بين المستويين الثالث و الثاني بأقل عدد من الذرات في المستوي الثالث إذ يكون المستوى الثاني شبه فارغ من الذرات بسبب الهبوط السريع .
- من هذا يتبين أن هذا النوع من المنظومات يتطلب طاقة ضخ اقل لتحقيق عملية التوزيع المعكوس وزاري.
- $hf = E_3 - E_2$

س/ أيهما أفضل لتوليد الليزر منظومة المستويات الثلاثة أم منظومة المستويات الأربعة. و لماذا وزاري؟

منظومة المستويات الأربعة أفضل لأنها تتطلب طاقة ضخ اقل مما هو عليه في المنظومة الثلاثية لتحقيق عملية التوزيع المعكوس.

أنواع الليزرات

1) ليزر الحالة الصلبة مثل ليزر الياقوت و ليزر النيدميوم.

2) ليزر الحالة الغازية مثل ليزر الهيليوم – نيون و ليزر غاز ثنائي أوكسيد الكاربون.

3) ليزر الاكسايمر و يعد هذا النوع مفيدا و مهما من الليزرات الجزيئية التي تستثمر الانتقالات الحاصلة بين حالتين الكترونيتين مختلفتين و تطلق على أنواع الليزرات التي تستعمل الغازات النبيلة مثل غاز الزينون و الكربتون او الاركون مع ذرة الفلور او هالوجين لتكوين هاليد الغاز و تنتج هذه الغازات أشعة ليزر ذات أطوال موجية في مدى الأشعة فوق البنفسجية.

4) ليزر الصبغة و هي الليزرات التي تكون فيها المادة الفعالة بحالة سائلة من محاليل مركبات معينة لصبغة عضوية مثل الرودامين مذابة في سوائل مثل كحول مثيلي او كحول اثيلي تنتج ليزر يمكن التحكم في الطول الموجي الصادر عنه.

5) ليزر اشباه الموصلات مثل زرنخيد الكاليوم.

6) الليزر الكيميائي هو الليزر الذي يحدث فيه التوزيع المعكوس بالتفاعل الكيميائي مباشرة مثل ليزر فلوريد الديتيريوم.

الليزرات الغازية

- تعد من أشهر أنواع الليزرات المستعملة في مجال الصناعة.
- بعض هذه الليزرات ذات قدرة واطئة (0.5 – 50 mW) مثل ليزر الهيليوم نيون و بعضها الآخر ذا قدرة عاليـــــة جدا (1mW – 60kW) مثل ليزر ثنائي أوكسيد الكربون.
- يتراوح مدى الأطوال الموجية لهذا النوع من الليزرات بين الأشعة فوق البنفسجية و الضوء المرئي و الأشعة التحت الحمراء.
- طريقة ضخ الطاقة الخارجية الى الوسط الفعال هي الضخ الكهربائي حيث يتم تعجيل الالكترونات الحرة بين قطبين كهربائيين في و أثناء حركتها السريعة جدا تصطدم الالكترونات بالغازات الموجودة في المكان نفسه فيتم إثارتها الى المستوى الأعلى للطاقة .

س/ ما هي مكونات منظومة الليزرات الغازية؟

1) أنبوبة التفريغ: و تحتوي على الوسط الفعال.

2) مجهز القدرة: يساعد على تهيج الوسط الفعال عبر قطبين كهربائيين.

3) المرنان: يساعد على زيادة التوزيع المعكوس في الوسط الفعال بوساطة التغذية الراجعة.

س/ تصنف الليزرات الغازية الى ثلاثة أصناف حسب حالة الوسط الفعال. اذكرها.

1) الليزرات الذرية مثل ليزر هليوم – نيون و ليزر هليوم - كادميوم.

2) الليزرات الأيونية مثل ليزر ايونات الاركون و ليزر ايونات الكربتون.

3) الليزرات الجزيئية كليزر ثنائي أوكسيد الكربون.

ليزر الهيليوم – نيون He – Ne

يعد من الليزرات الذرية.

س / ما طريقة الضخ المناسبة في ليزر الهيليوم – نيون ؟ و ما الوسط الفعال له وزاري؟

- يتكون الوسط الفعال لهذا الليزر من خليط غازي من النيون و الهيليوم موضوعين في أنبوبة زجاجية بنسب معينة و تحت ضغط 8 – 12 Torr .
- تعد ذرات النيون مسؤولة مباشرة عن توليد الليزر و ذرات الهيليوم لها دور مساعد و مهم في ميكانيكية تهيج ذرات النيون.
- يتم عادة ضخ الوسط الفعال الغازي بوساطة التفريغ الكهربائي بتسليط فولطية عالية تتراوح من 2 – 4 kv على طرفي الأنبوبة الزجاجية .

س/ كيف يحدث التوزيع المعكوس لذرات النيون عند إنتاج ليزر هيليوم – نيون مع المعادلة؟

- عند حدوث التفريغ الكهربائي داخل الأنبوبة تقوم ذرات الهيليوم بامتصاص الطاقة الناتجة من تصادمها مع الالكترونات المتسارعة و تنتقل ذرات الهيليوم من مستوى الاستقرار الى مستويات متهيجة شبه مستقرة و يمكن تمثيل ذلك بالمعادلة:

$$e_1 + He \longrightarrow He^* + e_2$$

حيث أن:

e_1: الالكترون المتسارع قبل التصادم ، e_2 : الالكترون بعد التصادم ، He^* : ذرة الهيليوم المتهيجة.

- إن المستويات المتهيجة شبه المستقرة لذرات الهيليوم تقارب من مستويات التهيج لذرات النيون و الذي يؤدي الى حدوث التصادم بينهما مما يؤدي الى تهيج ذرات النيون و انتقالها الى مستويات متهيجة و يمكن تمثيل هذه العملية بالمعادلة الآتية:

$$He^* + Ne \rightarrow Ne^* + He$$

و بذلك يحدث التوزيع العكسي لذرات النيون فيحصل الانبعاث المحفز لتنتقل الذرة الى مستوى شبه مستقر و بذلك يتم الحصول على أربع خطوط ليزرية nm(339 , 543 , 1153 , 632.8).

ليزر ثنائي أوكسيد الكربون

س/ علل إن ليزر ثنائي أوكسيد الكربون من أهم الليزرات الغازية؟ و بماذا يتميز ؟ و ما طريقة الضخ المناسبة له؟

- يعد من أكفا الليزرات الغازية إذ تصل كفائته الى *30%* .
- يتميز بكبر القدرة الخارجة و هو من الليزرات الجزيئية .
- يتكون الوسط الفعال لهذا الليزر من خليط من غاز ثنائي أوكسيد الكربون و غاز النتروجين و غاز الهيليوم بنسب معينة.
- يضخ هذا الليزر بوساطة تقنية التفريغ الكهربائي وزاري.
- يبعث خطين ليزريين بطول موجي 10.6μm – 9.6μm.

الليزرات الصلبة

ليزر الياقوت وزاري:

- يعد ليزر الياقوت الأحمر أول ليزر في العالم .
- يتكون الوسط الفعال له من بلورة اسطوانية صلدة من الياقوت و التي تتكون من أوكسيد الألمنيوم المطعم بأيونات الكروم بنسبة *5%* من الوزن الكلي بتركيز ايونات فعالة حوالي 10^{22} تعمل بنظام المستويات الثلاثية و يتم الضخ فيها بوساطة المصباح الومضي.

ليزر النيدميوم ياك مهم :

- يتكون الوسط الفعال له من مادة أوكسيد اليتريوم ألمنيوم المطعمة بأيونات النيديميوم بنسبة تطعيم لا تتجاوز 1.5% .
- يعمل بنظام المستويات الرباعية داخل البلورة.
- يمكن الحصول على ثلاثة خطوط ليزرية مختلفة (1359nm , 1060nm , 914.2nm) .

ليزرات أشباه الموصلات :

س/ ما الوسط الفعال ؟ و ما طريقة الضخ المناسبة له في ليزرات أشباه الموصلات وزاري؟

- يتكون الوسط الفعال لهذه الليزرات من مواد شبه موصلة مانحة و قابلة.
- تمثل حزمة التوصيل مستوى الليزر العلوي و حزمة التكافؤ مستوى الليزر السفلي.
- يتم الضخ من خلال التيار الكهربائي إذ يحرك الالكترونات و الفجوات ما بين هاتين الحزمتين .(تقنية الضخ الكهربائي)مهم.
- عند تسليط فولطية مناسبة بانحياز أمامي على المادة الفعالة لشبه الموصل (p-n) المستعملة لإنتاج الليزر يزداد مقدار التيار المناسب فيه ابتدءا من الصفر بصورة تدريجية فيحصل انبعاث تلقائي في البداية فيكون الإشعاع المنبعث في البداية ذا طيف عريض و يتناقص عرض الطيف الليزري بشكل ملحوظ بزيادة التيار المناسب خلاله نتيجة حصول الفعل الليزري(يجتاز حد تيار العتبة) بحيث يصبح الطيف الليزري رفيعا عند قيمة معينة للتيار يعرف بتيار العتبة إذ تبدأ أشعة الليزر بالانبعاث عند قيمة اكبر من تيار العتبة .
- في حالة تطعيم خاصة في هذا النوع من الليزرات تتحقق عملية التوزيع المعكوس عندما تزداد الفجوات في حزمة التكافؤ و تزداد الالكترونات في حزمة التوصيل مهم.
- تعد مادة كاليوم ارسنايد من المواد شبه الموصلة التي تستعمل كقاعدة لتصنيع ليزرات أشباه الموصلات و هذا النوع من الليزرات يبعث في المنطقة تحت الحمراء القريبة حول الطول الموجي 850µm.

س/ ما نوع الانبعاث الذي يحصل في ليزر شبه الموصل و لماذا هندما يكون التيار المناسب

1- اقل من تردد العتبة . 2- اكبر من تيار العتبة؟

1 - يحدث الانبعاث التلقائي بسبب عدم حصول عملية التوزيع المعكوس و التي تحقق الانبعاث المحفز حيث لا يحصل فعل ليزري.

2- يحصل الانبعاث المحفز بسبب حول التوزيع المعكوس بين حزمتي التكافؤ و حزمة التوصيل حيث تنبعث أشعة الليزر.

س/ هل يحصل الفعل الليزري في شبه الموصل عندما يكون التيار صغيرا ؟ ذاكرا السبب.

لا يحصل لان الإشعاع المنبعث يكون ناتجا عن الانبعاث التلقائي فلا تتحقق عملية التوزيع المعكوس حيث لا يحصل انبعاث محفز لتوليد الليزر .

بعض تطبيقات الليزر

التطبيقات الطبية : أكثر ليزر يستخدم في هذا المجال و خاصة الجراحة هو ليزر ثنائي أوكسيد الكربون في التجميل و معالجة أمراض العيون و الاستئصال و التصوير الإحيائي و طب جراحة الفم و الأسنان كما يستعمل مشرطا جراحيا في إجراء العمليات الجراحية.

س/ علل يعد ليزر ثنائي أوكسيد الكربون من أشهر الليزرات المستعملة في الجراحة العامة.

و ذلك لأنه يمتاز بإمكانية عالية لتبخير الأنسجة الحية و قطعها .

س/ لماذا تستعمل حزمة الهيليوم – نيون مع ليزر ثنائي أوكسيد الكربون المستخدم في الجراحة العامة؟

و ذلك لان شعاع ليزر ثنائي أوكسيد الكربون غير مرئي فتستخدم معه حزمة الهيليوم – نيون للاستدلال على موقع و اتجاه الحزمة في أثناء إجراء العملية الجراحية.

C . يمكن استعمال الليزر مصدرا طيفيا عالي النقاوة لدراسة طيف امتصاص المواد.

d. تستعمل ليزرات عديدة لقياس تلوث البيئة كاستعمال ليزر الياقوت لكشف نسبة وجود بخار الماء و ثنائي أوكسيد الكربون و ثنائي أوكسيد الفسفور و قياسها.

س / ما التصوير المجسم (الهولوغرافي) و بماذا يتميز عن التصوير العادي؟

F . يستعمل الليزر للتصوير المجسم يعد التصوير المجسم من أفضل تقنيات فن التصوير الذي بواسطته يمكن الحصول على صور مجسمة و اقرب ماتكون الى الحقيقة و ثلاثية الأبعاد حيث تسجل سعة الموجات الضوئية و طورها ليظهر بثلاث أبعاد على شبكية العين بينما في التصوير الاعتيادي تسجل شدة الأشعة فقط .

g. الليزر بقدرته الهائلة و السيطرة على اختيار تردده او طوله الموجي يعطي فتحا جديدا في مجال العلوم النووية لفصل النظائر النووية المشعة و كذلك في مجال التفاعلات الاندماجية النووية .

J. التطبيقات التجارية : يستعمل في الإعلانات الضوئية و الطابعات الليزرية و قارئات الأقراص الليزرية .

K. في الاتصالات الليزرية :

س/ لماذا يستعمل الليزر بشكل مباشر في الجو للاتصالات القريبة و لمسافات محدودة مثل إرسال صورة تلفزيونية لمسافة 20km؟

او س/ لماذا يعد الفضاء الخارجي مناسبا لإرسال حزمة الليزر و نقلها لمسافات بعيدة بوساطة الألياف البصرية باستعمال طرائق التضمين و الكشف؟

و ذلك بسبب ظواهر التشتت و الامتصاص التي يتعرض لها الليزر عند مروره في الجو بسبب احتوائه على ذرات الغبار و بعض الأجسام الأخرى التي تسبب تشتتا لحزمة الليزر.

مثال 1 : ما مقدار الزيادة الحاصلة في طول موجة الفوتون المستطار(في تاثير كومبتن) اذا استطار بزاوية 60^o ؟ علما بان :

ثابت بلانك يساوي 6.63×10^{-34} J.s و سرعة الضوء تساوي 3×10^{8} m/s و كتلة الالكترون تساوي 9.11×10^{-31}kg.

الحـــــــــــــــــــــــــل:

$$\Delta\lambda = \grave{\lambda} - \lambda = \frac{h}{m_e C}(1-\cos\theta) = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} x3 \times 10^{8}}(1-\cos 60) = 1.2 \times 10^{-3} nm$$

مثال 2 : اذا كان فرق الجهد المطبق بين قطبي انبوبة توليد الاشعة السينية $1.24 \times 10^4 V$ لتوليد اقصر طول موجة تسقط على هدف الكرافيت في جهاز تاثير كومبتن و كانت زاوية الاستطارة الاشعة السينية 90^o فما طول موجة الاشعة السينية المستطارة .

الحـــــــــــــــــــــــــــــــل:

$$hf_{max} = KE_{max} = eV$$

$$f_{max} = \frac{eV}{h} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times (1.24 \times 10^4)}{6.63 \times 10^{-34} J.s} = 3.15 \times 10^{18} Hz$$

$$\lambda_{min} = \frac{C}{f_{max}} = \frac{3 \times 10^8}{3.15 \times 10^{18}} = 0.95 \times 10^{-10} m = 0.1 \times 10^{-9} m$$

$$\Delta\lambda = \grave{\lambda} - \lambda = \frac{h}{m_e C}(1 - \cos\theta)$$

$$\grave{\lambda} - 0.1 \times 10^{-9} = (0.24 \times 10^{-11})(1 - \cos 90)$$

$$\grave{\lambda} - 0.1 \times 10^{-9} = (0.24 \times 10^{-11})(1 - 0)$$

$$\grave{\lambda} = 0.24 \times 10^{-11} + 0.1 \times 10^{-9}$$

$$\grave{\lambda} = 0.1024 \times 10^{-9} m = 0.1024 nm$$

مثال 3: اذا كان فرق الطاقة بين المستويين يساوي kT عند درجة حرارة الغرفة احسب عدد الالكترونات N_2 بدلالة N_1 ؟

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left[\frac{-(E_2 - E_1)}{KT}\right]$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp - \left[\frac{kT}{KT}\right]$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp[-1] \ , \ \frac{N_2}{N_1} = e^{-1} \ , \ N_2 = 0.37 N_1$$

مثال 4: وضح رياضيا انه لا يتحقق التوزيع المعكوس عندما تكون الطاقة الحرارية kT مساوية لطاقة الفوتون الساقط .

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left[\frac{-(E_2 - E_1)}{KT}\right]$$

$$E_2 - E_1 = hf \quad , \quad KT = hf$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp - \left[\frac{hf}{hf}\right]$$

$$= \exp(-1)$$

$$\frac{N_2}{N_1} = 0.37 \quad , \quad N_2 = 0.37 N_1$$

أسئلة حول الفصل

س1/ ماذا يحصل و لماذا عند اعتراض بخار لغاز غير متوهج و نفاذ لضوء منبعث من مصدر طيفه مستمر ؟

نحصل على أطياف الامتصاص بحيث يمتص من الطيف المستمر الأطوال الموجية التي يبعثها لو كان متوهجا.

س2 / علل تكون الأطوال الموجية في طيف الامتصاص لعنصر ما موجودة أيضا في طيف انبعاثه.

لأنه عندما يمر الضوء المنبعث من مصدر طيفه مستمر خلال بخار غير متوهج (او مادة نفاذه) يمتص من الطيف المستمر الأطوال الموجية التي يبعثها فيما لو كان متوهجا و عندها نحصل على طيف امتصاص.

س3/ علل تأثير كومبتن هو من إحدى الأدلة التي تؤكد السلوك ألدقائقي للأشعة الكهرومغناطيسية .

لان كومبتن فسر ذلك بان الفوتون الساقط على هدف الكرافيت ليتصادم مع إلكترون حر من الكترونات ذرات مادة الهدف فاقدا مقدارا من طاقته و يكتسب هذا الالكترون بعد التصادم مقدار من الطاقة بشكل طاقة حركية تمكنه من الإفلات من مادة الهدف (أي أن الفوتون يسلك سلوك الجسيمات).

س4/ ماذا يبين نموذج بور للذرة ؟

يبين إن لكل عنصر طيف ذري خاص به.

س5/ ماذا يحصل للذرة عندما تثار بطاقة إشعاعية متصلة؟

تمتص الطاقة المناسبة لإثارة ذراتها.

س6/ يمكن استعمال عملية الضخ الكهربائي عندما يكون الوسط الفعال في الحالة :

(الصلبة ، السائلة ، الغازية ، أي وسط فعال) الجواب / الغازية

س7/ يحدث الفعل الليزري عند حدوث انبعاث :

(تلقائي و محفز ، محفز ، محفز و تلقائي ، تلقائي فقط ، محفز فقط) الجواب / محفز فقط

س8/ مم يتألف الطيف الخطي البراق لطيف الصوديوم و طيف الهيدروجين؟

يتألف الطيف الخطي البراق للصوديوم من خطين أصفرين براقين قريبين جدا من بعضهما يقعان في المنطقة الصفراء من الطيف المرئي.

الطيف الخطي للهيدروجين فيتكون من أربعة خطوط براقة ملونة بالألوان (احمر ، اخضر ، نيلي ، بنفسجي).

س9/ علام تعتمد شدة الأشعة السينية ؟

تعتمد على عدد الفوتونات المنبعثة عند طول موجي معين حيث أن شدة الأشعة السينية تتناسب طرديا مع عدد الفوتونات.

س10/ وضح بنشاط أنواع الأطياف؟

نستعمل موشور زجاجي ، و حاجز ذو شق للحصول على حزمة متوازية تسقط على الموشور و شاشة بيضاء و انابيب تفريغ تحتوي غاز (مثل النيون ، الهيدروجين ، بخار الزئبق) و مصباح كهربائي خويطي و مصدر للتيار الكهربائي.

نربط الانبوب الذي يحتوي الهيدروجين بالدائرة الكهربائية المناسبة لكي يتوهج غاز الهيدروجين .

نضع الموشور الزجاجي في مسار الحزمة المنبعثة من أنبوب غاز الهيدروجين .ثم نغير موقع زاوية السقوط الحزمة المنبعثة حتى نحصل على أوضح طيف ممكن على الشاشة.

نلاحظ شكل و لون الطيف الظاهر على الشاشة .

نكرر الخطوات السابقة باستعمال انابيب الغازات الأخرى و المصباح الكهربائي الخويطي.

نستنتج ان الطيف الناتج من تحليل الاشعاعات المنبعثة من الغازات الأخرى يختلف باختلاف نوع الغاز . و هناك صنفين من الاطياف و هي أطياف الامتصاص و أطياف الانبعاث.

س11/ قارن بين الأشعة المنبعثة من مصدر ضوئي اعتيادي و أشعة الليزر من حيث الطول الموجي و شدة السطوع.

المصدر الضوئي الاعتيادي يتكون من مدى واسع من الأطوال الموجية بينما شعاع الليزر يكون أحادي الطول الموجي . أما بالنسبة الى شدة السطوع فان شدة الأشعة المنبعثة من المصادر الاعتيادية اقل تقريبا بمليون مرة من شدة أشعة الليزر حيث أن طاقة موجات الليزر تتركز في المساحة صغيرة و ذلك لقلة انفراجيتها فتجعل شعاع الليزر ذا شدة سطوع عالية.

س12/ ما الفائدة العملية من ليزر ثنائي أوكسيد الكربون ؟

في التطبيقات الطبية يستخدم في الجراحة العامة حيث يمتاز بإمكانية لتبخير الأنسجة الحية و قطعها. و كذلك في المجالات العسكرية حيث يستخدم في التوجيه و التتبع و قياس المسافات بدقة متناهية لقدرته على النفاذ في الجو.

س13/ مم يتكون الطيف المستمر ؟ و كيف يمكن الحصول عليه ؟

يتكون الطيف المستمر من مدى واسع من الأطوال الموجية الواقعة ضمن المدى المرئي المتصلة مع بعضها . و نستطيع الحصول عليه من الأجسام الصلبة المتوهجة و السائلة المتوهجة و الغازية المتوهجة.

مسائل الفصل

س1/ احسب الزخم الزاوي لإلكترون ذرة الهيدروجين عندما يكون في المدار الأول مرة و عندما يكون في المدار الثاني مرة أخرى.

nمرتبة المدار :

في المدار الأول

$$L_{n1} = n\left(\frac{h}{2\pi}\right) = 1\left(\frac{6.63 \text{ x } 10^{-34}}{2\pi}\right) = 1.05x10^{-34}\text{J.s}$$

في المدار الثاني

$$L_{n2} = 2\left(\frac{h}{2\pi}\right) = 2(1.05 \text{ x } 10^{-34}) = 2.1x10^{-34}\text{J.s}$$

س2/ ما مقدار الطاقة بوحدات (eV) لفوتون واحد من ضوء طوله الموجي $4.5 \text{ x } 10^{-7}$m ؟

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \text{ x } 10^{8}}{4.5 \text{ x } 10^{-7}} = 0.666 \text{ x } 10^{15}\text{Hz}$$

$f = 0.67 \text{ x } 10^{15}$Hz

$$E = hf = 6.63 \text{ x } 10^{-34} \text{ x } 0.67 \text{ x } 10^{15} = 4.4421 \text{ x } 10^{-19}\text{J}$$

$$E = \frac{4.421 \text{ x } 10^{-19}}{1.6 \text{ x } 10^{-19}} = 2.776 \text{ eV}$$

س3/ احسب الذرات في مستوى الطاقة الثاني في درجة حرارة الغرفة إذا كان عدد ذرات مستوى الطاقة الأرضي 500ذرة .

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left[\frac{E_2 - E_1}{kT}\right]$$

في حالة الاتزان الحراري

$$E_2 - E_1 = KT$$

$$\frac{N_2}{N_1} = e^{-1}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{e}$$

e =2.718 أساس اللوغاريتم الطبيعي للعدد

$$\frac{N_2}{500} = \frac{1}{2.718}$$

$N_2 = 0.37 \times 500 = 185$ عدد الذرات في المستوى الثاني في درجة حرارة الغرفة

س4/ما تردد الفوتون المنبعث عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة $E_4 = -0.85\ eV$ الى مستوى الطاقة $E_2 = -3.4eV$

$E_4 = -0.85\ eV = -0.85 \times 1.6 \times 10^{-19} = -1.36 \times 10^{-19} J$

$E_2 = -3.4\ eV = -3.4 \times 1.6 \times 10^{-19} = -5.44 \times 10^{-19} J$

$\Delta E = E_4 - E_2 = (-1.36 \times 10^{-19} J) - (-5.44 \times 10^{-19} J) = 4.08 \times 10^{-19} J$

$\Delta E = hf$

$$f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{4.08 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 6.15 \times 10^{14} Hz$$

س5/ ما الطاقة الحركية للإلكترون و ما سرعته في أنبوبة أشعة سينية تعمل بجهد 30 kV ؟

$KE_{max} = eV = 1.6 \times 10^{-19} \times (30 \times 10^3) = 48 \times 10^{-16}\ J$

$KE_{max} = \frac{1}{2} m_e \vartheta^2_{max}$

$48 \times 10^{-16}\ J = \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times \vartheta^2$

$\upsilon = 1.026537 \times 10^8 = 10^8 m/s$

س6/ ما مقدار أعظم تردد لفوتون الأشعة السينية المتولد إذا سلط فرق جهد مقداره 40kV على قطبي الأنبوبة؟

$hf_{max} = KE_{max} = eV$

$$f_{max} = \frac{eV}{h} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 40 \times 10^3}{6.63 \times 10^{-34}} = 9.653 \times 10^{18} Hz$$

س7/ ما مقدار الزيادة الحاصلة في طول موجة الفوتون المستطار (في تأثير كومبتن) إذا استطار بزاوية (90^0) مع العلم إن :

$h = 6.63 \times 10^{-34} Js$, $m_e = 9.11 \times 10^{-31}\ kg$, $c = 3 \times 10^8 m/s$

$\cos 90 = 0$

$\lambda'' - \lambda = \frac{h}{m_o C}(1 - \cos\theta)$

$\Delta\lambda = \frac{h}{m_o C} = 0.24 \times 10^{-11}\ m$

ملاحظة

$$\frac{h}{m_o C} = 0.24 \times 10^{-11}$$

س8/ ما الفرق بين طاقة المستوي الأرضي و المستوي الذي يليه (الأعلى منه) بوحدات eV لنظام ذري في حالة الاتزان الحراري اذا كانت درجة حرارة الغرفة 16^oC علما ان ثابت بولتزمان K يساوي $1.38 \times 10^{-23} J/K$.

بما ان النظام في حالة اتزان حراري نستخدم العلاقة الاتية:

$\Delta E = KT$

$T = 16 + 273 = 289^oK$

$\Delta E = KT = 1.38 \times 10^{-23} \times 289 = 0.025\ eV$

س9/ اذا كان الفرق بين مستوى الطاقة المستقر (الأرضي) هو مستوى الطاقة الذي يليه (الأعلى منه) يساوي 0.025 eV لنظام ذري في حالة الاتزان الحراري و عند درجة حرارة الغرفة ، جد حرارة تلك الغرفة بالمقياس السيليزي . علما ان ثابت بولتزمان K يساوي :

$K= 1.38 \times 10^{-23} J/K$

$\Delta E = KT$

$0.025 = 1.38 \times 10^{-23} \times T$

$T = 298^o K$

$T = 273 + C$

$298^o = 273 + C$

$C = 16^o$

الفصل الثامن :الفيزياء النووية

- ان النواة مخزن واسعا للطاقة النووية الهائلة المستثمرة لأغراض سلمية كما في تحويل الطاقة النووية الى طاقة كهربائية او لأغراض عسكرية كما في انتاج الأسلحة النووية .
- اقترح العالم رذرفورد النموذج النووي للذرة فقد افترض ان الشحنات الموجبة تتركز في حيز صغير جدا موجود في مركز الذرة اطلق عليه اسم النواة.

تركيب النواة و خصائصها

1. تتكون النواة من البروتونات الموجبة الشحنة و يرمز للبروتون بالرمز $^{1}_{1}H$ او P و أحيانا $^{1}_{1}P$.
تتكون النواة أيضا من النيوترونات المتعادلة الشحنة (شحنتها تساوي صفر) يرمز للنيوترون بالرمز $^{1}_{0}n$ او n وزاري.
2. يطلق على البروتون او النيوترون بالنيوكليون او النوية أي ان النواة تتكون من النيوكليونات.
3. يسمى عدد البروتونات بالعدد الذري Z و يكتب يسار رمز العنصر او رمز النواة من الأسفل.
4. يسمى عدد النيوترونات في النواة بالعدد النيوتروني N.
5. يسمى مجموع عدد البروتونات و النيوترونات بالعدد الكتلي A او عدد الكتلة و يكتب يسار رمز النواة او العنصر من الأعلى حيث ان : $^{A}_{Z}X$, $A = Z + N$
كمثال توضيحي فان نواة الالمنيوم التي عددها الذري يساوي (Z=13) و عددها الكتلي يساوي (A=27) فان $^{27}_{13}AL$. و يكون بإمكاننا إيجاد عدد النيوترونات بتطبيق العلاقة N = A - Z و يساوي 14.
6. المقصود بنظائر العنصر هي نوى متساوية بالعدد الذري و تختلف في عدد النيوترونات او العدد الكتلي كما في نظائر الليثيوم الثلاثة و هي ($^{8}_{3}Li$, $^{7}_{3}Li$, $^{6}_{3}Li$).
7. تشكل كتلة النواة 99.9% من كتلة الذرة و تقاس كتل النوى بوساطة أجهزة دقيقة و منها مطياف الكتلة . و بوحدة مناسبة تسمى وحدة الكتل الذرية (amu) او اختصارا u بدلا من الكيلو غرام المتعارف عليها و هي لا تتلائم مع قياسات الكتل الذرية و النووية الصغيرة جدا و تساوي: $1\ amu = 1u = 1.66 \times 10^{-27} kg$.
8. ان كتلة النواة التقريبية "m تساوي (A x u) لان النواة تحتوي (A) من النيوكليونات و ان كتلة النيوكليون مقاربة الى كتلة (1u) حيث ان m"= A x u .
9. توصف النواة بكونها ثقيلة او متوسطة او خفيفة و ذلك تبعا لكون عددها الكتلي (او كتلتها) كبير او متوسط او صغير على التوالي.
10. ان كتل الذرات المتعادلة و النوى و الجسيمات (مثل البروتون و النيوترون و جسيمة الفا) يقصد بها كتل سكونية.
11. يمكن إيجاد الطاقة المكافئة للكتلة باستخدام علاقة اينشتاين في تكافؤ الكتلة مع الطاقة : $E = mc^2$.
12. ان الطاقة المكافئة لكتلة مقدارها 1u وجد انها تساوي تقريبا 931MeV و وفقا لعلاقة الطاقة المكافئة للكتلة فيكون بإمكاننا كتابة العلاقة الاتية : $c^2 = 931 \frac{MeV}{u}$

13. ان شحنة النواة تساوي مجموع شحنات البروتونات الموجودة فيها لان النيوترونات غير مشحونة أي شحنتها تساوي صفر لذلك شحنة نواة أي ذرة تكون موجبة و تساوي (+Ze) حيث Z هي هو العدد الذري للنواة و (+e) هي شحنة البروتون و التي تساوي $1.6 \times 10^{-19}C$. أي ان: q=Ze.

14. تذكر ان $1MeV = 10^6 eV = 1.6 \times 10^{-13} J$.

15. يمكن قياس حجم النواة باعتبارها كروية الشكل كما استطاع العالم رذرفورد من خلال استطارة جسيمات الفا من نوى ذرات الذهب حيث وجد ان نصف قطر النواة R يتغير طرديا مع الجذر التكعيبي للعدد الكتلي A وزاري أي ان: $R \propto A^{\frac{1}{3}}$

$$R = r_o A^{\frac{1}{3}}$$

حيث ان r_o هو مقدار ثابت يسمى ثابت نصف القطر و يساوي $1.2 \times 10^{-15} m$

لكون الابعاد النووية تقع في حدود $10^{-15}m$ و هي ابعاد صغيرة جدا فقد وجد انه من المناسب استخدام وحدة للطول تسمى الفيمتومتر او الفيرمي F اذ ان $1F = 10^{-15}m$ حيث يمكن كتابة العلاقة السابقة لنصف قطر النواة بوحدة المتر و بوحدة الفيرمي :

$R = 1.2 \times 10^{-15} A^{\frac{1}{3}}$ بوحدة المتر , $R = 1.2\, A^{\frac{1}{3}}$ بوحدة فيرمي

و بذلك يمكن إيجاد حجم النواة بعد معرفة نصف قطرها و على اعتبار شكلها كرويا حيث نستخدم قانون حجم الكرة :

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 \quad , \quad R = r_o A^{\frac{1}{3}}$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r_o^3 A$$

16. و يمكن إيجاد كثافة النواة التقريبية (ρ) حيث نطبق العلاقة :

$$\rho = \frac{m''}{V}$$

- حيث ان m" تمثل كتلة النواة التقريبية $m'' = A \times u$ ، حيث وجد ان كثافة النواة التقريبية تساوي تقريبا $2.3 \times 10^{17} kg/m^3$.
- كثافة الماء تساوي $10^3 kg/m^3$ ، حيث ان كثافة النواة تساوي تقريبا (2.3×10^{14}) مرة بقدر كثافة الماء و هي قيمة كبيرة جدا.

طاقة الربط (الارتباط) النووية:

س/ علل عدم تنافر البروتونات الموجودة في النواة على الرغم من تشابهها في شحنتها الموجبة.

و ذلك لوجود قوة تجاذب نووية قوية تربط و تمسك بنيوكليونات النواة و هذه القوة النووية القوية هي القوة الأقوى في الطبيعة.

من خواص القوة النووية هي قوة ذات مدى قصير و لا تعتمد على الشحنة و هي قوة قوية تمسك و تربط النيوكليونات و هي واحدة من القوى الأربعة الأساسية في الطبيعة .

س/ ماذا يقصد بطاقة الربط النووية وزاري؟

يقصد بطاقة الربط النووية انها الطاقة المتحررة عند جمع اعداد مناسبة من البروتونات و النيوترونات لتشكيل نواة معينة (او هي الطاقة اللازمة لتفكيك النواة الى مكوناتها من البروتونات و النيوترونات).

ان كتلة النواة لا تساوي مجموع كتل مكوناتها من البروتونات و النيوترونات عندما تكون كتل البروتونات و النيوترونات منفصلة حيث تكون دائما اقل من مجموع كتل مكوناتها المنفصلة و هذا الفرق Δm بالكتلة يسمى عادة بالنقص الكتلي الذي يكافيء طاقة الربط النووية E_b حسب علاقة اينشتاين في تكافؤ الكتلة الطاقة:

$$E_b = \Delta mc^2$$

من خلال قياس كتلة نواة الديوتريوم ^2_1H و التي تتكون من بروتون واحد و نيوترون واحد وجد انها تساوي 2.013553u و هي اقل من مجموع كتلة البروتون 1.007276u و كتلة النيوترون 1.008665u و الذي يساوي 2.015941u عندما يكونان منفصلين و بذلك يكون الفرق او النقص الكتلي $\Delta m = 0.002388u$ حيث نستطيع إيجاد طاقة الربط النووية E_b و بوحدة MeV كما يأتي:

$$E_b = \Delta mc^2 \quad , \quad c^2 = 931\,\frac{MeV}{u}$$

$$E_b = 0.002388 \times 931 = 2.223\ MeV$$

من الناحية العملية فانه يكون اكثر مناسبا استعمال كتل الذرات بدلا من استعمال كتل النوى اذ يعطى النقص الكتلي Δm في هذه الحالة بالعلاقة :

$$\Delta m = ZM_H + Nm_n - M$$

M_H : كتلة ذرة الهيدروجين ، M كتلة الذرة المعنية ، Z: العدد الذري ، N : العدد النيوتروني ، m_n : كتلة النيوترون

فتصبح طاقة الربط النووية للنواة على الشكل الاتي :

$$E_b = (ZM_H + Nm_n - M)c^2 \quad (\text{تقاس بوحدة MeV})$$

ان حاصل قسمة طاقة الربط النووية E_b على العدد الكتلي A يسمى معدل (متوسط) طاقة الربط النووية لكل نيوكليون (او للنيوكليون) $\bar{E}_b$ و حسب العلاقة :

$$\bar{E}_b = \frac{E_b}{A}$$

ان النوى المتوسطة هي النوى الأكثر استقرارا اما النوى الخفيفة و النوى الثقيلة تستطيع ان تصبح اكثر استقرارا اذا وجد تفاعلا نوويا معينا يستطيع ان ينقلها الى منطقة النوى المتوسطة و هذا يعني ان النوى الثقيلة في الظروف المناسبة تنشطر الى نوى متوسطة فتصبح اكثر استقرار اما النوى الخفيفة و في ظروف مناسبة تندمج فتصبح نوى متوسطة لتصبح اكثر استقرارا في كلتا العمليتين تتحرر طاقة وزاري. لا حظ الشكل (10) ص 291 في الكتاب.

الانحلال الاشعاعي :

(ان بعض نوى العناصر تكون غير مستقرة (مشعة) و من ثم تسعى لان تكون مستقرة من خلال انحلاها)وزاري .

هناك ثلاث أنواع رئيسة للانحلال الاشعاعي هي :

1- انحلال الفا :

- تعاني النواة غير المستقرة انحلال الفا التلقائي عندما تكون كتلة و حجم النواة كبيرين نسبيا حيث تنبعث جسيمة(دقيقة) الفا من هذه النوى يساعدها على الحصول على استقراريه اكبر عن طريق تقليص حجمها و كتلتهاوزاري .
- جسيمة الفا هي نواة ذرة الهيليوم و تتكون من بروتونين و نيوترونين و تمثل بالرمز $^{4}_{2}H$ او α .
- في انحلال الفا و في بقية انواع الانحلالات الاشعاعية يطلق على النواة الاصلية قبل الانحلال بالنواة الام و الناتجة بعد الانحلال بالنواة الوليدة (او النواة البنت).
- في انحلال الفا فان ينقص العدد الكتلي بمقدار أربعة و ينقص العدد الذري بمقدار اثنين حيث ان تغير العدد الذري يحول نواة العنصر الى نواة عنصر اخر و هذا يصح في كل أنواع الانحلالات و التفاعلات النووية لاحظ المعادلة الاتية:

$$^{240}_{94}\mathbf{Pu} \rightarrow {}^{236}_{92}\mathbf{U} + {}^{4}_{2}\mathbf{He}$$

النواة الام (نواة بلوتونيوم)	النواة الوليدة (نواة اليورانيوم)	(جسيمة الفا)

- لإيجاد طاقة الانحلال لنواة تنحل بوساطة انحلال الفا حيث نفترض بان كتلة النواة الام هي M_p و كتلة جسيمة الفا هي M_α فان طاقة انحلال الفا Q_α تعطى بالمعادلة : $Q_\alpha = [M_P - M_d - M_\alpha]\, c^2$

عندما تقاس الكتل الذرية بوحدة u اذ ان $c^2 = 931\frac{MeV}{u}$ فان وحدة Q_α تقاس بوحدة MeV.

- ان الشرط اللازم لنواة تنحل تلقائيا بوساطة انحلال الفا هو ان تكون قيمة طاقة الانحلال موجبة اكبر من الصفر.
- ان كتلة جسيمة الفا تكون اقل من كتلة النواة الوليدة لذا فان نواة الفا تمتلك سرعة و طاقة حركية اكبر من سرعة و الطاقة الحركية للنواة الوليدة بحسب قانون حفظ (الطاقة – الكتلة) و قانون حفظ الزخم.
- يجب ان تكون المعادلات النووية موزونة أي ان العدد الكتلي و العدد الذري يجب ان يتساويا في طرفي المعادلة (لاحظ المعادلة أعلاه) .

انحلال بيتا :

(هو الانحلال الاشعاعي التلقائي الثاني و الذي من خلاله تستطيع بعض النوى الوصول الى حالة اكثر استقرار).

س/ ما الطرائق التي تنحل بها بعض النوى تلقائيا بانحلال بيتا وزاري **؟**

انبعاث جسيمة بيتا السالبة (او الالكترون) و يرمز لها بالرمز $\overline{\beta}$ او ${}_{-1}^{0}e$ و تسمى هذه العملية انحلال بيتا السالبة. و يرافق هذه العملية انبعاث جسيم يسمى مضاد النيوترينو وزاري يرمز له بالرمز $\overline{V}$ او ${}_{0}^{0}\overline{V}$ اذ ان العدد الكتلي و العدد الذري له يساويان صفر.

$$ {}_{29}^{64}\mathrm{Cu} \rightarrow {}_{30}^{64}\mathrm{Zn} + \beta^{-} + \overline{\mathrm{V}} $$

2- انبعاث جسيمة بيتا الموجبة او البوزيترون و يرمز لها بالرمز β^{+} او ${}_{+1}^{0}e$ و هي ذات شحنة موجبة +e و تسمى هذه العملية انحلال بيتا الموجبة . و البوزيترون وزاري هو عبارة عن جسيم يمتلك جميع صفات الالكترون الا ان إشارة شحنته موجبة و تسمى أيضا مضاد الالكترون . و يرافق انحلال بيتا الموجبة انبعاث جسيم يسمى النيوترينو وزاري (شحنته و كتلته السكونية تساوي صفر) و يرمز له بالرمز V او ${}_{0}^{0}\mathrm{V}$ اذ ان العدد الذري و العدد الكتلي يساويان صفر . يقل العدد الذري بمقدار واحد وزاري.

$$ {}_{7}^{13}\mathrm{N} \rightarrow {}_{6}^{13}\mathrm{Zn} + \beta^{+} + \mathrm{V} $$

3- اسر (اقتناص) النواة لاحد الالكترونات الذرية المدارية الداخلية و تسمى هذه العملية بالاسر الالكتروني.

$$ {}_{20}^{41}\mathrm{Ca} + {}_{-1}^{0}\mathrm{e} \rightarrow {}_{19}^{41}\mathrm{K} + \mathrm{V} $$

ان النواة أساسا لا تحتوي على الالكترونات او البوزيترونات لكن:

1- النواة تبعث الالكترون نتيجة انحلال احد نيوترونات النواة الى بروتون و الكترون و مضاد النيوترينو حيث يحدث هذا الانحلال بسبب ان نسبة عدد النيوترونات الى عدد بروتونات النواة هي اكبر من النسبة اللازمة لاستقرارها .

$$ {}_{0}^{1}\mathrm{n} \rightarrow {}_{1}^{1}\mathrm{p} + \beta^{-} + {}_{0}^{0}\mathrm{V}^{-} \quad , \ \beta^{-} = {}_{-1}^{0}\mathrm{e} $$

2- النواة تبعث البوزيترون نتيجة انحلال احد بروتونات النواة الى نيوترون و بوزيترون و نيوترينو حيث يحدث هذا الانحلال بسبب ان نسبة عدد نيوترونات الى بروتونات النواة هي اصغر من النسبة اللازمة لاستقرارها .

$$ {}_{1}^{1}\mathrm{n} \rightarrow {}_{0}^{1}\mathrm{p} + \beta^{+} + {}_{0}^{0}\mathrm{V} \quad , \ \beta^{+} = {}_{+1}^{0}\mathrm{e} $$

3 – انحلال كاما :

س/ تنبعث اشعة كاما تلقائيا من نوى بعض العناصر المشعة وزاري **؟**

ان انحلال الفا و بيتا يترك النواة في حالة تهيج أي لديها طاقة فائضة و للوصول الى حالة الاستقرار تنبعث اشعة كاما للتخلص من الطاقة الفائضة .

$$ {}_{94}^{240}Pu^{*} \rightarrow {}_{94}^{240}Pu + {}_{0}^{0}\gamma $$

و هو الانحلال الاشعاعي التلقائي الثالث الذي يمكن النوى من التخلص من الطاقة الفائضة للوصول الى حالة اكثر استقرارا و ذلك بانبعاث اشعة كاما .

اشعة كاما : هي اشعة كهرومغناطيسية (فوتونات) ذات طاقة عالية او تردد عال كتلتها السكونية و شحنتها تساوي صفر و ان عددها الذري و الكتلي يساوي صفر و يرمز لها $^{0}_{0}\gamma$, γ .

يمكن التعبير عن علاقة طاقة اشعة كاما او طاقة الفوتون E بالتردد f و كما يأتي :

$$E = hf$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

التفاعلات النووية:

التفاعل النووي :هو ذلك التفاعل الذي يحدث تغييرا في خصائص و تركيب النواة الهدف . فمثلا عند قذف نواة النتروجين $^{14}_{7}N$ بوساطة جسيم النيوترون $^{1}_{0}n$ فانه يمكن الحصول على نواة الكربون $^{14}_{6}C$ و جسيم البروتون $^{1}_{1}H$.

$$^{1}_{0}n + \ ^{14}_{7}N + \rightarrow \ ^{14}_{6}C + \ ^{1}_{1}H \quad , \quad ^{4}_{2}He + \ ^{14}_{7}N + \rightarrow \ ^{17}_{8}O + \ ^{1}_{1}H$$

ان التفاعلات النووية يجب ان تتحقق فيها قوانين الحفظ و هي وزاري :

قانون حفظ (الطاقة – الكتلة) .
قانون حفظ الزخم الخطي .
قانون حفظ الزخم الزاوي .
قانون حفظ الشحنة الكهربائية او (قانون حفظ العدد الذري) .
قانون حفظ عدد النيوكليونات (او قانون حفظ العدد الكتلي).

طاقة التفاعل النووي:

اذا افترضنا ان تفاعلا نوويا تقذف فيه نواة الهدف (X) (عادة ساكنة ابتدائيا) و التي كتلتها (M_x) بالجسيم الساقط المقذوف (a) و الذي كتلته (M_a) لينتج نواة (Y) و التي كتلتها (M_y) و الجسيم (b) الذي كتلته (M_b) حيث يمكن التعبير عن هذا التفاعل بالمعادلة النووية الاتية:

$$a + X \rightarrow Y + b$$

فيمكن إيجاد طاقة التفاعل النووي (Q) من العلاقة الاتية :

$$Q = [M_a + M_X - M_Y - M_b]c^2$$

حيث يكون :

1- اذا كانت قيمة Q موجبة أي اكبر من الصفر فان التفاعل النووي يسمى التفاعل المحرر للطاقة.
2- اذا كانت قيمة Q سالبة أي اقل من الصفر فان التفاعل النووي يسمى التفاعل الماص للطاقة .

ان النيوترونات تعد قذائف مهمة في التفاعلات النووية و ذلك لان شحنة النيوترون تساوي صفر و هو بذلك يستطيع ان يدخل الى النواة بسهولة جدا (اكثر بكثير من جسيمات الفا او البروتونات مثلا) لعدم وجود قوة كولوم الكهربائية التنافرية بينه و بين النواة وزاري.

مخاطر و فوائد الاشعاع النووي:

س/ ما هي مصادر الاشعاع النووي؟

مصادر الاشعاع النووي الخلفي الطبيعي : مثل الاشعة الكونية و الاشعاع النووي من القشرة الأرضية و النشاط الاشعاعي في جسم الانسان.

مصادر الاشعاع النووي الاصطناعي : مثل المصادر النووية المشعة المستعملة في الطب لغرض التشخيص و العلاج ، و النفايات النووية المشعة و الغبار النووي المتساقط من اختبارات الأسلحة النووية و الاشعاعات النووية و غيرها.

س/ علام تعتمد درجة و نوع الضرر الذي يسببه الاشعاع النووي وزاري؟

نوع الاشعاع (كاشعة كاما او جسيمات الفا .....الخ) .

طاقة الاشعاع .

العضو المعرض لهذا الاشعاع (كبد او عظم او عين ....الخ).

س/ ما تأثير و مخاطر الاشعاع النووي على جسم الانسان وزاري؟

ينتج التلف الاشعاعي في جسم الانسان في المقام الأول من تأثير التأين في خلايا الجسم المختلفة .

يؤدي الضرر في خلايا الجسم الاعتيادية الى تأثيرات مبكرة مثل التهاب الجلد او تأثيرات متأخرة مثل السرطان.

اضرار تحدث في الخلايا التناسلية يمكن ان تؤدي الى حدوث ولادات مشوهة و يمكن ان ينتقل الضرر للأجيال اللاحقة.

س/ ما هو الاجراء الاحترازي اللازم اتخاذه لكي نقي انفسنا من مخاطر الاشعاع النووي الخارجي الذي نتعرض له اضطراريا؟

يجب إبقاء التعرض اقل ما يمكن و ذلك من خلال :

تقليل زمن التعرض للإشعاع النووي الى اقل ما يمكن.

الابتعاد عن مصدر الاشعاع النووي اكثر ما يمكن .

استعمال الحواجز الواقية و الملائمة بين الانسان و مصدر الاشعاع النووي(استعمال مادة الرصاص).

س/ اذكر التطبيقات و الاستعمالات المفيدة و السلمية للإشعاع النووي و الطاقة النووية وزاري؟

في المجال الطبي للقضاء على الكائنات المرضية التي تسبب بعض الامراض كالفيروسات و تعقيم المستلزمات الطبية.

تستعمل في المجال الزراعي في دراسة فسلجة النبات و تغذيته و حفظ المواد الغذائية.

و تستعمل في المجال الصناعي في تسيير المركبات الفضائية و تسيير السفن البحرية و الغواصات.

س/ اختر الاجابة الصحيحة من بين القوسين

في التفاعل النووي الاتي $_{2}^{4}\text{He} + _{4}^{9}\text{Be} \rightarrow _{6}^{A}\text{C} + _{0}^{1}\text{He}$ تكون قيمة A = (5,9,12,13). الجواب / 12

امثلة الكتاب:

مثال1: جد مقدار شحنة نواة الذهب ($_{79}^{198}Au$) ، مع العلم ان شحنة البروتون تساوي ($1.6 \times 10^{-19}C$) .

$$q = Ze = 79 \times 1.6 \times 10^{-19} = 126.4 \times 10^{-19}C$$

مثال 2: جد نصف قطر نواة النحاس ($_{29}^{64}Cu$) بوحدة المتر و بوحدة الفيرمي.

$$R = 1.2 \times 10^{-15} A^{\frac{1}{3}}$$

بالنسبة لنواة النحاس فان العدد الكتلي يساوي 64 و بالتعويض في العلاقة السابقة نحصل على :

$$R = 1.2 \times 10^{-15}(64)^{\frac{1}{3}} = 1.2 \times 10^{-15} \sqrt[3]{64} = 4.8 \times 10^{-15}m$$

اما بوحدة الفيرمي فان

$F=10^{-15}m$, $R = 4.8F$

مثال3: جد طاقة الربط النووية لنواة النتروجين ($_{7}^{14}N$) بوحدة MeV . اذا علمت ان كتلة الذرة ($_{7}^{14}N$) تساوي 14.003074u و كتلة ذرة الهيدروجين تساوي 1.007825u و كتلة النيوترون تساوي (1.008665u). جد أيضا معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون.

الحـــــــــــــــــــــــــــــــــــل

$$E_b = (ZM_H + Nm_n - M)c^2$$

و لان الكتل معطة بوحدة u فان :

$$c^2 = 931 \frac{MeV}{u}$$

$$E_b = (ZM_H + Nm_n - M) \times 931 \frac{MeV}{u}$$

$$Z = 7 \ , \quad A = 14 \quad , \ N = A - Z = 14 - 7 = 7$$

بالنسبة للنواة ($_{7}^{14}N$) فان :

$$E_b = (7 \times 1.007825 + 7 \times 1.008665 - 14.003074) \times 931 \frac{MeV}{u}$$

$$= 0.112356 \times 931 = 104.603(MeV)$$ و هي طاقة الربط النووية

لاحظ ان النقص الكتلي Δm في هذا المثال يساوي 0.112356u

$$\acute{E}_b = \frac{E_b}{A} = \frac{104.603}{14} = 7.472(\frac{MeV}{nucleon})$$ = 7.472(MeV)

مثال 4 : برهن على ان نواة الراديوم $^{226}_{88}Ra$ تحقق شرط الانحلال التلقائي الى نواة الرادون $^{222}_{86}Rn$ بوساطة انحلال الفا. اكتب أيضا المعادلة النووية للانحلال مع العلم ان الكتل الذرية لكل من :

$^{226}_{88}Ra = 226.025406(u)$, $^{222}_{86}Rn = 222.017574(u)$, $^{4}_{2}He = 4.002603(u)$

$^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow$ $^{222}_{86}\text{Rn}$ + $^{4}_{2}\text{He}$

(النواة الام) (النواة الوليدة) (جسيمة الفا)

ان شرط الانحلال التلقائي هو ان تكون قيمة طاقة الانحلال Q_a موجبة.

$$Q_\alpha = [M_p - M_d - M_\alpha]c^2 \quad , \quad c^2 = 931\frac{MeV}{u}$$

$$Q_\alpha = [226.025406 - 222.017574 - 4.0026003] \times 931$$

$$= 5.229 \times 10^{-3} \times 931 = 4.868(MeV)$$

بما ان قيمة Q_α هي قيمة موجبة أي اكبر من الصفر اذن تحقق شرط الانحلال التلقائي.

أسئلة

س1/اختر العبارة الصحيحة لكل مما يأتي:

نصف قطر النواة يتغير تغيرا طرديا مع الجذر التكعيبي للعدد الكتلي $A^{\frac{1}{3}}$.

يكون معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون اكبر لنوى العناصر المتوسطة.

كل مما يأتي من خصائص القوة النووية ما عدا ذات مدى طويل جدا.

تنحل نواة نظير البولونيوم($^{218}_{84}P$) تلقائيا الى نواة نظير الرصاص ($^{214}_{82}Pb$) بوساطة انحلال الفا.

عندما تعاني نواة تلقائيا انحلال بيتا الموجبة فان عددها الذري يقل بمقدار واحد.

من مصادر الاشعاع النووي الخلفي الطبيعي هي الاشعة الكونية.

س2/ ما الجسيم الذي :

عدده الكتلي يساوي واحد و عدده الذري يساوي صفر . هو النيوترون $^{1}_{0}n$.

يطلق عليه مضاد الالكترون . هو البوزيترون.

يرافق الالكترون في انحلال بيتا السالبة التلقائية هو مضاد النيوترينو $\overline{v}$ او $^{0}_{0}\overline{v}$.

يرافق البوزيترون في انحلال بيتا الموجبة التلقائية هو النيوترينو (v) او $^{0}_{0}v$.

س3/ نواة اليورانيوم $^{238}_{92}\text{U}$ انحلت بوساطة انحلال الفا التلقائي فتحولت الى نواة الثوريوم (Th) . ثم انحلت نواة الثوريوم بوساطة انحلال بيتا السالبة التلقائية و تحولت الى نواة X . ثم انحلت نواة X بوساطة انحلال بيتا السالبة التلقائية و تحولت الى نواة Ẋ.

$$^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

$$^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}X + {}^{0}_{-1}e + {}^{-0}_{0}v$$

$$^{234}_{91}X \rightarrow {}^{234}_{92}\dot{X} + {}^{0}_{-1}e + {}^{-0}_{0}v$$

كتلة ذرة الهيدروجين $^{1}_{1}H$ = 1.007825(u) ، كتلة ذرة الهيليوم $^{4}_{2}He$ = 4.002603 (u) ، كتلة النيوترون = 1.008665 (u)

1u = 1.66 x 10^{-27}kg , e = 1.6 x 10^{-19} , 1eV = 1.6 x 10^{-19}J

حل مسائل الفصل

س1/ للنواة $^{56}_{26}Fe$ جد :
مقدار شحنة النواة . b. نصف قطر النواة مقدرا بوحدة (m) أولا و بوحدة F ثانيا. C. حجم النواة مقدرا بوحدة m^3 .
مع العلم ان $\sqrt[3]{7} = 1.913$.

a. q = Ze =26 x 1.6 x 10^{-19} = 41.6 x 10^{-19} C

b. $R = 1.2 \times 10^{-15}\ A^{\frac{1}{3}} = 1.2 \times 10^{-15} \times 56^{\frac{1}{3}} = 1.2 \times 10^{-15} \times \sqrt[3]{56}$

$R = 1.2 \times 10^{-15} \times \sqrt[3]{2^3 \times 7} = 4.591 \times 10^{-15} m$

$F = 10^{-15} m$

$R = 4.591\ F$

c. $V = \frac{4}{3} \pi R^3$

$= \frac{4}{3} \times 3.14 \times (4.591 \times 10^{-15})^3 = 405.1 \times 10^{-45} m^3$

س2/ اذا علمت ان نصف قطر النواة للبولونيوم $^{216}_{84}Po$ يساوي ضعف قطر نواة مجهولة X . جد العدد الكتلي للنواة المجهولة.

$R_{po} = r_o A_{po}^{\frac{1}{3}} = 1.2 \times 10^{-15} \times (216)^{\frac{1}{3}} = 7.2 \times 10^{-15} m$

و من السؤال نحصل على ان $R_X = \frac{R_{po}}{2} = \frac{7.2 \times 10^{-15}}{2} = 3.6 \times 10^{-15} m$

$R_X = r_o A_X^{\frac{1}{3}}$

$3.6 \times 10^{-15} m = 1.2 \times 10^{-15} (A_X)^{\frac{1}{3}}$

$A_X = 27$

س3/ جد طاقة الربط النووية للنواة $^{126}_{52}Te$ مقدرة بوحدة MeV أولا . و بوحدة جول ثانيا . اذا علمت ان كتلة الذرة $^{126}_{52}Te$ تساوي (125.903322u) .

من العلاقة $E_b = [ZM_H + Nm_n - M]c^2$

$E_b = [ZM_H + Nm_n - M]931\ MeV$

$A = 126$, $Z = 52$, $N = A + Z$, $N = A - Z = 126 - 52 = 74$

نعوض القيم أعلاه في العلاقة السابقة نحصل على

$E_b = [52 \times 1.007825 + 74 \times 1.008665 - 125.903322]931\ MeV$

= 1.144788 x 931 = 1065.798 MeV

اما بوحدة الجول فان : $1 MeV = 1.6 \times 10^{-13}$ J

$E_b = 1065.789 \times 1.6 \times 10^{-13} = 1705.277 \times 10^{-13} J$

س4/ للنواة $^{12}_{6}C$ جد :
النقص الكتلي مقدرا بوحدة u . 2- طاقة الربط النووية مقدرة بوحدة MeV . 3- معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون مقدرة بوحدة MeV . مع العلم ان كتلة ذرة $^{12}_{6}C$ تساوي 12u.

1-من العلاقة :

$$\Delta m = ZM_H + Nm_n - M$$

$$A = 12 \;, Z = 6 \;, N = A - Z = 12 - 6 = 6$$

$$\Delta m = 6 \times 1.007825 + 6 \times 1.008665 - 12$$

$$\Delta m = 12.09894 - 12 = 0.09894 (u)$$

من العلاقة :

$$E_b = \Delta m c^2$$

$$= 0.09894 \times 931 = 92.113 \text{ MeV}$$

من العلاقة :

$$\acute{E}_b = \frac{E_b}{A}$$

$$= \frac{92.113}{12} = 7.676\ MeV$$

س5/ برهن على ان نواة البلوتونيوم $^{236}_{94}Pu$ تحقق شرط الانحلال التلقائي الى نواة اليورانيوم $^{232}_{92}U$ بوساطة انحلال الفا. اكتب أيضا المعادلة النووية للانحلال . مع العلم بان الكتل الذرية لكل من :

$$^{236}_{94}Pu = 236.046071\ (u) \quad , \quad ^{232}_{94}Pu = 232.03768\ (u)$$

المعادلة النووية للانحلال

$$^{236}_{94}Pu \rightarrow {}^{232}_{92}U + {}^{4}_{2}He$$

و من العلاقة ولان الكتل معطاة بوحدة u :

$$Q_\alpha = \left[M_p - M_d - M_\alpha\right] c^2$$

$$= [236.046171 - 232.037168 - 4.002603]\ x\ 931 = 5.865 MeV$$

نلاحظ ان قيمة Q_α هي قيمة موجبة $Q_\alpha > 0$ حيث تحقق شرط الانحلال التلقائي.

س6/ حدث تفاعل نووي بين جسيم ساقط و نواة البريليوم $^{9}_{4}Be$ الساكنة و نتج عن هذا التفاعل الساكنة و نتج عن هذا التفاعل جسيم النيوترون و نواة الكاربون $^{12}_{6}C$.

عبر عن هذا التفاعل بمعادلة تفاعل نووي و منها حدد اسم الجسيم الساقط .

جد طاقة التفاعل النووي مقدرة بوحدة MeV.

ما نوع هذا التفاعل النووي ؟ مع العلم بان الكتل الذرية لكل من :

$$^{9}_{4}Be = 9.012186\ (u) \quad , \quad ^{12}_{6}C = 12\ (u)$$

نفرض ان الجسيم الساقط هو $^{A}_{Z}a$ فتكون معادلة التفاعل النووي هي :

$$^{A}_{Z}a \ + \ ^{9}_{4}Be \ \rightarrow \ ^{12}_{6}C \ + \ ^{1}_{0}n$$

و بما ان معادلة التفاعل النووي يجب ان تكون موزونة أي انه يجب ان يكون مجموع الاعداد الذرية و مجموع الاعداد الكتلية متساويين في طرفي المعادلة و منها نستطيع ان نستنتج بان الجسيم الساقط هو جسيمة الفا $^{4}_{2}He$ فتكون المعادلة الكالاتي:

$$^{4}_{2}He \ + \ ^{9}_{4}Be \ \rightarrow \ ^{12}_{6}C \ + \ ^{1}_{0}n$$

من العلاقة :

$$Q = [M_a + M_X - M_Y - M_b]c^2$$

$$= [4.002603 + 9.012186 - 12 - 1.008665]931 = 5.701 MeV$$

و هي طاقة التفاعل النووي مقدرة بوحدة MeV .

بما ان قيمة Q هي موجبة اكبر من الصفر فان هذا التفاعل محرر للطاقة .

تمت بعون الله تعالى